Digitized by Google

Phys. g. 619^1 (7,1
Gehler

Digitized by Google

<36601409720010

<36601409720010

Bayer. Staatsbibliothek

Digitized by Google

Digitized by Google

Physikalisches Wörterbuch

VII. Band.

N — R.

Erste Abtheilung.

N — Pn.

Digitized by Google

Digitized by Google

Johann Samuel Traugott Gehler's

Physikalisches

Wörterbuch

neu bearbeitet

von

Brandes. Gmelin. Horner. Muncke. Pfaff.

BAYERISCHE STAATS- BIBLIOTHEK MÜNCHEN

Siebenter Band.

Erste Abtheilung.

N — Pn.

Mit Kupfertafeln I bis VII.

Leipzig,
bei E. B. Schwickert.
1833.

Digitized by Google

Bayerische
Staatsbibliothek
München
Digitized by Google

BAYERISCHE STAATS- BIBLIOTHEK MUENCHEN

N.

N a c h t.

Nox; Nuit; Night. Die Nacht ist der Zeitraum, während dessen die Sonne, eigentlich der Mittelpunct der Sonne, unter dem Horizonte verweilt, oder die Zeit vom Untergange bis zum Aufgange der Sonne.

Es sey HR der Horizont, AQ der Aequator, C der Durchschnittspunct des Aequators mit dem Horizonte, P der Pol, S die Sonne, SD ihre Abweichung, USV der Parallelkreis, auf dem die Sonne sich befindet und den sie also am Himmel zu durchlaufen scheint, so ist, wenn die Sonne im Horizonte steht, CD die Ascensionaldifferenz, und das Verweilen der Sonne unter dem Horizonte oder die Zeit, in welcher sie vom Horizonte bis zum Meridiane den Bogen SV und vom Meridiane bis zum Aufgangspuncte einen gleichen Bogen durchläuft, durch 2.SPV oder 2.DQ = 2.(90° — CD) gegeben. Die halbe Dauer der Nacht wird also gefunden, wenn man 90° — Ascensionaldifferenz in Stunden verwandelt. Da Sin. CD = Tang. Abweich. × Tang. Polhöhe ist, so ist CD = 0 für die Polhöhe = 0 und die halbe Länge der Nacht ist daher unter dem Aequator = 6 Stunden, nämlich dem Winkel = 90° entsprechend. Die Nacht dauert daher unter dem Aequator zu allen Zeiten des Jahres 12 Stunden. Für andere Puncte der Erde ist CD nur dann = 0, wenn die Abweichung der Sonne = 0 ist, und dieser Zeitpunct ist daher die Zeit der Nachtgleiche. Die Ascensionaldifferenz ist für uns auf der nördlichen Halbkugel positiv, so lange die Abweichung der Sonne nördlich ist; während dieser Zeit ist daher die Nacht kürzer als 12 Stunden, weil der der halben Länge der Nacht entsprechende Winkel kleiner als 90° ist, in Fig. 1.

Digitized by Google

der andern Hälfte des Jahres ist die Nacht länger als 12 Stunden. Daſs die Nacht für einen bestimmten Ort auf der nördlichen Halbkugel am kürzesten ist, wenn die nördliche Abweichung ihren gröſsten Werth erreicht, daſs die Nacht am längsten ist zur Zeit der südlichen gröſsten Abweichung der Sonne, erhellt von selbst. Für die südliche Halbkugel findet das Entgegengesetzte statt. Wenn Tang. Abweich. $\times$ Tang. Polhöhe $= 1$ ist, so ist $CD = 90°$ und die Länge der Nacht $= 0$; dieses tritt ein, wenn die Deklination der Sonne mit der Polhöhe zusammen 90° ausmacht. Dagegen wenn Tang. Abw. $\times$ Tang. Polhöhe $= -1$ ist, so ist $CD = -90°$ und die halbe Länge der Nacht dem Winkel $= 90° - CD = 180°$ entsprechend, $= 12$ Stunden, so daſs die ganze Nacht 24 Stunden dauert, und dieses findet für die nördliche Halbkugel statt, wenn die südliche Abweichung $= 90°$ — nördl. Polhöhe ist. Es läſst sich leicht zeigen, daſs beide Fälle nur für Puncte innerhalb des Polarkreises oder auf dem Polarkreise selbst statt finden können, indem der Polarkreis da liegt, wo die Polhöhe $= 90°$ — gröſste Abweichung der Sonne $= 90°$ — Schiefe der Ekliptik ist.

Wenn Tang. Abw. $\times$ Tang. Polh. > 1 ist, so deutet dieses an, daſs es keinen Werth für CD mehr giebt, das heiſst, daſs die Sonne gar nicht mehr den Horizont erreicht, entweder weil sie gar nicht mehr an dem bestimmten Orte untergeht, oder gar nicht mehr aufgeht. Wenn die Sonne in dem ganzen Laufe der 24 Stunden nicht aufgeht, so ist die lange Nacht eingetreten, welche in der Nähe des Polarkreises nur so lange dauert, als die Sonne ihrer gröſsten Abweichung ganz nahe ist, also nur einige Tage um die Zeit, wo wir unsern kürzesten Tag haben; näher gegen den Pol hin dauert sie länger, und es ist für jede gegebene Polhöhe eines Ortes innerhalb des Polarkreises leicht, ihre Dauer zu bestimmen, wenn man die Zeit aufsucht, welche zwischen den beiden Zeitpuncten verflieſst, wo die Sonne die südliche Deklination erreicht, die das Complement der Polhöhe ist. Für 70° nördliche Polhöhe fängt die lange Nacht an, wenn die Sonne am 21. Nov. die südliche Abweichung $= 20°$ erreicht, und dauert, bis die Sonne am 20. Januar wieder zu eben der Deklination zurückkehrt. Unter dem Pole dauert die so berechnete Winternacht 6 Monate, von einer Nachtgleiche bis zur andern.

Die wahre Dauer unserer Nächte, sofern wir darunter die

Zeit verstehen, wo die Sonne gar nicht über dem Horizonte erscheint, und ebenso die Dauer der langen Winternacht in den Polargegenden, wird durch drei Umstände bedeutend abgekürzt durch die Gröſse des scheinbaren Halbmessers der Sonne, durch die Strahlenbrechung und durch die Dämmerung. Jene Rechnung wurde für den Mittelpunct der Sonne so geführt, daſs Anfang und Ende der Nacht dann angenommen werden, wenn der Mittelpunct der Sonne sich im Horizonte befindet; aber schon darum ist die Nacht ein wenig kürzer, weil der obere Sonnenrand später als der Mittelpunct untergeht; dieser Unterschied beträgt wenig in unsern Breiten, aber am Pole verweilt der obere Rand 16 Stunden länger als der Mittelpunct über dem Horizonte. Merklicher ist noch die Abkürzung der Nacht durch die *Strahlenbrechung*, da diese selbst bei uns und bei gewöhnlichem Zustande der Luft die Sonne gegen 4 Minuten früher am Morgen und gegen 4 Minuten später am Abend sichtbar bleiben läſst, als ohne Strahlenbrechung der Fall seyn würde. In den Polargegenden ist dieser Unterschied viel erheblicher. Denn wenn auch unter 70° Breite die Strahlenbrechung am Horizonte nur 32 Minuten beträgt, so geht doch die Sonne zwei Tage früher schon auf einige Augenblicke über den Horizont hervor und zeigt sich auch am Anfange der langen Nacht zwei Tage später, als ohne Strahlenbrechung der Fall seyn würde. Die Strahlenbrechung ist in den Polargegenden um die Zeit, wenn die Sonne so nahe zum Aequator zurückkehrt, daſs sie sich im Meridiane auf einige Augenblicke zeigen kann, viel gröſser, und die ununterbrochene Nacht wird daher sehr bedeutend abgekürzt. Ja, wenn in der Angabe, daſs die auf Nova Zembla überwinternden Holländer schon am 24. und 27. Januar 1597 die Sonne sahen, kein Irrthum ist, so war damals die Polarnacht um mehr als 2 Wochen abgekürzt[1]. Endlich aber ist bekannt, daſs in allen Gegenden der Erde die *Dämmerung*[2] die Nacht sehr stark abkürzt. Auf dem Pole selbst muſs sich vom Ende des Januars an bis zu Aufgang der Sonne und vom Untergange der Sonne bis zur Mitte des Novembers eine Spur von Dämmerung zeigen, und in Gegenden, die dem Polarkreise näher liegen, zeigt sich, wenn auch die Sonne nicht mehr

1 S. Art. *Strahlenbrechung*.
2 S. Art. *Dämmerung*.

Digitized by Google

aufgeht, doch um die Zeit, da sie dem Horizonte am nächsten kommt, eine Dämmerung; unter 70° Breite tritt diese selbst mitten im Winter sehr merklich ein, unter 80° Breite ist die Zeit, da die Sonne nie bis auf 10° sich dem Horizonte nähert, auf die Tage vom 21. Nov. bis 20. Jan. beschränkt und also 2 Monate nach und 2 Monate vor dem Nichtaufgehen der Sonne eine starke mittägliche Dämmerung bemerkbar. *B.*

Nachtgleiche.

Zeit der Nachtgleiche; *Aequinoctium*; Equinoxe; *the Equinox*. Sie ist der Zeitpunct, da der Mittelpunct der Sonne sich im Aequator des Himmels befindet, wo er also genau einem Puncte des Aequators der Erde im Scheitelpuncte steht. Es findet dieses im Jahre zweimal statt, bei der Frühlingsnachtgleiche, wenn die Sonne in die nördliche Halbkugel, bei der Herbstnachtgleiche, wenn sie in die südliche Halbkugel übergeht[1].

Da wir gewöhnlich auf den geringen Abstand vom Aequator nicht sehen, den die Sonne schon im Laufe eines Tages erreicht, so sagen wir von dem Tage, wo das wahre Aequinoctium eintrifft, daſs da Tag und Nacht gleich sey; strenge genommen geht die Sonne ein wenig nach 6 Uhr auf, wenn ungefähr um die Zeit des Mittags die Sonne im Aequator ist, so daſs in diesem Falle die dem wahren Aequinoctio vorangehende Nacht noch etwas zu lang, die folgende etwas zu kurz ist, was indeſs immer wenig beträgt. Sofern wir dieses bei Seite setzen, ist der Tag der Nachtgleiche derjenige, wo auf der ganzen Erde die Sonne eben so lange über als unter dem Horizonte verweilt, wo sie im genauen Ostpuncte aufgeht und im genauen Westpuncte untergeht.

Der Tag der Nachtgleiche ist im Frühling der 21ste März, im Herbste der 23ste September, und nur, weil das Jahr etwas länger als 365 Tage ist, trifft dieſs nicht immer genau ein; unsere Einschaltungen sind aber so eingerichtet, daſs die wahren Nachtgleichen sich nie erheblich von jenen Tagen entfernen können. *B.*

---

1 S. Art. *Frühlingsnachtgleiche; Herbstnachtgleiche.*

Digitized by Google

Nachtgleichenpuncte.

Aequinoctialpuncte; *Puncta aequinoctiorum;* Points équinoxiaux; *Equinoxial points.* So heiſsen die beiden Puncte des Aequators und der Ekliptik, wo diese beiden Kreise einander schneiden. Da die Sonne sich dann in diesen Puncten befindet, wenn die Länge des Tages und der Nacht auf der ganzen Erde gleich ist, so haben sie daher ihren Namen, und da mit dem Eintritte der Sonne in diese Puncte der Anfang des Frühlings und des Herbstes bestimmt ist, so unterscheidet man den Punct der *Frühlingsnachtgleiche*, der für die Bewohner der nördlichen Halbkugel der Durchschnittspunct im Widder ist, vom Puncte der *Herbstnachtgleiche*, der in der Waage liegt.

Der Punct der Frühlingsnachtgleiche liegt, als Anfangspunct der Länge und als Anfangspunct der geraden Aufsteigung, allen Bestimmungen der Lage der Himmelskörper zum Grunde, und deshalb ist seine genaue Kenntniſs sehr wichtig; aber da er am Himmel durch nichts bezeichnet, da er überdieſs veränderlich ist, so kann er nur mittelbar, dadurch daſs wir seine relative Lage gegen Fixsterne bestimmen, angegeben werden. Bei dieser Bestimmung sehen wir den Ort der Fixsterne als im strengsten Sinne unveränderlich an; dieses ist erlaubt, da die eigenen Bewegungen derselben erstlich geringe, zweitens aber auch dadurch bestimmbar sind, daſs man jene relative Lage in Beziehung auf mehrere Fixsterne sucht, wo sich dann die Veränderlichkeit der Lage der Fixsterne leicht von der Veränderlichkeit der Lage des Nachtgleichenpunctes unterscheiden läſst.

Die Beobachtung der Sonne und eines Fixsternes am Mittagsfernrohre gibt unmittelbar den Abstand der Sonne im Augenblicke der Culmination von diesem Fixsterne in gerader Aufsteigung an, und wenn man mehrere Tage nach einander beide Beobachtungen wiederholt, so erhält man die Veränderung der Rectascension der Sonne, weil der Fixstern während so kurzer Zeit als ein unveränderlich fester Punct des Himmels anzusehen ist. Da nun der Punct der wahren Nachtgleiche derjenige ist, wo der Mittelpunct der Sonne sich genau im Aequator befindet, so läſst sich dieser, wenn die Polhöhe des Orts bekannt ist, aus mehrern um die Zeit der Nachtgleichen an-

Digitized by Google

gestellten Mittagsbeobachtungen der Sonne finden. Aus der von Refraction und Parallaxe befreiten Mittagshöhe der Sonne kennt man[1] die Abweichung der Sonne im Augenblicke des wahren Mittags. War nun diese um d Minuten südlich am einen, um d' Minuten nördlich am andern Tage, und fand man am ersten Tage den Unterschied der geraden Aufsteigung der Sonne und eines Sternes $= a$, am zweiten Tage $= a + \Delta a$, so schlieſst man leicht, daſs die in gerader Aufsteigung gerechnete Entfernung des Sternes vom wahren Nachtgleichenpuncte oder die wahre Rectascension des Sternes $= a + \frac{d}{d + d'} \Delta a$ ist. Durch eben diese Beobachtung bestimmt man auch die Zeit, wann der zwischen beide Mittage fallende Zeitpunct der Nachtgleiche war. Diese Rechnung ist genau genug, weil die Aenderung der Deklination der Sonne um die Zeit der Nachtgleiche genau gleichförmig ist, aber sie setzt die Refraction und die Polhöhe des Ortes als vollkommen bekannt voraus. Dürfte man diese als im strengsten Sinne genau bekannt annehmen und den Nachtgleichenpunct als unveränderlich ansehen, so könnte man auch zu jeder andern Zeit, wo die Abweichung sich nicht zu langsam ändert, aus der Abweichung $= D$ und der bekannten Schiefe der Ekliptik $= e$ die gerade Aufsteigung der Sonne $= A$ durch die Formel $\text{Sin. } A = \frac{\text{Tang. } D}{\text{Tang. } e}$ suchen und dann aus dem Unterschiede der Rectascension der Sonne und des Sternes $= a$ die Rectascension des letztern $= a + A$, wenn die Sonne sich zwischen dem Sterne und dem Nachtgleichenpuncte befindet, angeben; steht der Stern zwischen der Sonne und dem Nachtgleichenpuncte, oder hat man A als einen von der Herbstnachtgleiche anfangenden Bogen bestimmt, so bringt man die leicht zu übersehenden Aenderungen der Formel $= a + A$ an.

Aber sowohl die Refraction, als auch die Polhöhe des Ortes und die Schiefe der Ekliptik sind Gröſsen, die man bei der Berechnung der Beobachtungen nicht allemal als strenge bekannt voraussetzen darf; eine Methode, wo man dieses nicht nöthig hat, ist daher vorzuziehen. Eine solche ist die Herleitung der wahren Lage des Nachtgleichenpunctes oder, was dasselbe ist, der wahren Rectascension eines Sternes aus zwei

1 Vergl. *Abweichung* Bd. I. S. 129.

Digitized by Google

Mittagshöhen, bei denen die Sonne das eine Mal nach der Frühlingsnachtgleiche, das andere Mal vor der Herbstnachtgleiche dieselbe Deklination und daher dieselbe Mittagshöhe erreichte. Im Allgemeinen nämlich, wenn a und a′ bei den beiden Beobachtungen den Unterschied der Rectascension der Sonne und des Sternes angeben und A kurz nach der Frühlingsnachtgleiche, 180° — A′ kurz vor der Herbstnachtgleiche die Rectascension der Sonne, D, D′ die Deklination der Sonne bezeichnen, so ist die in beiden Fällen gleich bleibende wahre Rectascension des Sternes $=(a)=a+A$ und $=a'+180^\circ-A'$, und wenn A vom Frühlingspuncte an und A′ vom Herbstpuncte an gleich sind, so hätte man $(a)=90^\circ+\frac{1}{2}(a+a')$. Aber die Formel $\text{Sin. } A=\frac{\text{Tang. } D}{\text{Tang. } e}$ giebt A nicht genau, wenn D und e, welche man nicht als mit absoluter Strenge bekannt ansehen kann, fehlerhaft angenommen sind, und der aus dem Werthe von A hervorgehende Fehler $\varDelta A$ ist

$$=\frac{1}{\text{Cos. } A}\cdot\frac{\varDelta D}{\text{Cos.}^2 D\,.\,\text{Tang. } e}-\frac{\text{Tang. } D}{\text{Cos. } A}\cdot\frac{\varDelta e}{\text{Sin.}^2 e}$$

$$=\frac{\varDelta D\,.\,\text{Tang. } A}{\text{Sin. } D\,.\,\text{Cos. } D}-\frac{\varDelta e\,.\,\text{Tang. } A}{\text{Sin. } e\,.\,\text{Cos. } e}.$$

Dieser Fehler erhält in dem Ausdrucke für A′ eben dieselben Zeichen und es ist daher, wenn A′ = A ist,

$$A+\varDelta A-A'-\varDelta A'=\frac{(\varDelta D-\varDelta D')\,\text{Tang. } A}{\text{Sin. } D\,.\,\text{Cos. } D},$$

weil der in einer unrichtig angenommenen Schiefe der Ekliptik begangene Fehler $\varDelta e$ gewiſs in beiden Fällen gleich ist. Aber auch $\varDelta D$ wird fast völlig $=\varDelta D'$ seyn; denn die Deklination wird in diesem Falle aus gleicher Mittagshöhe bestimmt, und die Fehler dieser Bestimmung können nur folgende seyn, deren nahe Gleichheit leicht zu erweisen ist. 1) Die Refraction, wenn sie auch nach unrichtigen Regeln berechnet würde, ist doch nur sofern mit *ungleichen* Fehlern behaftet, als Temperatur und Druck der Luft nicht bei beiden Beobachtungen gleich waren; diese Ungleichheit ist aber sehr genau bekannt, und die wichtigste Unsicherheit in Bestimmung der Refraction, wie sie sich mit der Höhe über dem Horizonte ändert, hat hier, als gleiche Fehler gebend, keinen Einfluſs. 2) Die vielleicht nicht genau bekannte Polhöhe bringt einerlei Fehler hervor, der sich also ganz aufhebt. 3) Die Parallaxe der Sonne bringt eine bei ver-

Digitized by Google

schiedener Sonnenhöhe ungleiche, hier also eine gleiche Höhenparallaxe hervor, und auch diese Fehler heben sich auf. 4) Die Beobachtungsfehler, wenn die Beobachtungen mit einerlei Instrumente angestellt sind, werden in gleichen Höhen wenigstens sofern, als sie von Unrichtigkeit des Instruments abhängen, gleich seyn, und auch sie fallen also hier mehr als in andern Fällen gegen einander weg. Man kann daher offenbar das mit $(\Delta D - \Delta D')$ multiplicirte Glied bei diesen Beobachtungen als sehr klein und als weit genauer bekannt ansehn, als es bei andern zusammengestellten Beobachtungen der Fall ist.

Wendet man ganze Reihen von Beobachtungen an, so muſs man allerdings auf das Vorrücken des Nachtgleichenpunctes und auf die Aenderung der Schiefe der Ekliptik Rücksicht nehmen[1].

Diese Nachtgleichenpuncte verändern ihre Stelle am Himmel, worüber ein besondrer Artikel, *Vorrücken der Nachtgleichen*, handelt. *B.*

N a d i r.

Fuſspunct; *Nadir;* derjenige Punct, welcher durch die unterwärts verlängerte Verticallinie getroffen wird. Er ist also dem Scheitelpuncte, *Zenith*, entgegengesetzt und beide liegen in den Polen des Horizontes.

Da die Erde keine vollkommene Kugel ist, so trifft die Scheitellinie unserer Antipoden nicht genau mit der unsrigen zusammen; auf einer vollkommen kugelförmigen Erde würde genau das Zenith unserer Antipoden unser Nadir seyn.

Daſs jeder Ort auf der Erde sein eignes Nadir hat und daſs mit jeder Veränderung des Ortes, den wir einnehmen, eine verhältniſsmäſsige Veränderung des Nadirs verbunden ist, versteht sich von selbst. *B.*

N a t r i u m.

Natronium; *Natrium;* Sodium; *Sodium.* Zuerst 1807 von Davy aus dem Natron ausgeschieden findet

1 Auf diese Weise sind die Rectascensionen der 14 Hauptsterne bestimmt in: Fundamenta astronomiae, deducta ex observ. cel. Bradley, auct. Bessel. p. 17.

es sich im Steinsalze, in einigen Natronsalzen, die im Meerwasser und mehreren Mineralquellen vorkommen, und in mehreren zur Familie des Zeoliths und des Feldspaths gehörenden Steinen.

Man stellt das Natrium nach denselben Weisen dar, wie das Kalium[1], mit dem es überhaupt in allen physischen und chemischen Verhältnissen die gröſste Aehnlichkeit zeigt. Es ist zinnweiſs von 0,972 spec. Gew., bei — 20° ziemlich hart, bei 0° sehr dehnbar, bei 50° weich und bei 90° flüssig. Nahe beim Schmelzpuncte des Glases verwandelt es sich in einen farblosen Dampf.

Es bildet mit dem Sauerstoffgas das Natrium-Suboxyd, das Natron und das Natrium-Hyperoxyd.

Das *Suboxyd* und das *Hyperoxyd* des Natriums verhalten sich denen des Kaliums ganz ähnlich.

Das *Natron*, *Natriumoxyd*, *mineralische Alkali* (23,3 Natrium auf 8 Sauerstoff) entsteht aus dem Natrium ganz unter ähnlichen Verhältnissen, wie das Kaliumoxyd aus dem Kalium; doch bedarf das Natrium, um andern Körpern den Sauerstoff zu entziehen, meistens einer höhern Temperatur, und es entzündet sich in Berührung mit Wasser und Luft nur dann, wenn wenig Wasser einwirkt, da eine gröſsere Menge desselben durch Wärmeentziehung die Entflammung hindert. Das wasserfreie Natron wird wie das wasserfreie Kali erhalten und zeigt dieselben Eigenschaften, nur daſs seine Aetzkraft etwas schwächer ist.

Mit dem Wasser geht das Natron dieselben drei Verbindungen ein, wie das Kali, nämlich zu *Hydrat*, *krystallisirtem Natron* und *wässerigem Natron*, welches ebenfalls Aetzlauge genannt wird. Sie werden auf dieselbe Weise bereitet, wie die entsprechenden Kaliverbindungen, und zeigen dieselben Eigenschaften.

Die Natronsalze unterscheiden sich von den ihnen so nahe verwandten Kalisalzen dadurch, daſs sie beim Anschieſsen aus einer wässerigen Lösung gröſstentheils Krystallwasser in sich aufnehmen und damit mehr oder weniger verwitternde Krystalle bilden und daſs ihre wässerige Auflösung weder durch schwefelsaure Alaunerde, noch durch schwefelsaures Platinoxyd, noch durch Weinsäure gefället wird. Die wichtigsten Natron-

1 S. dieses Wörterb. Bd. V. S. 837.

Digitized by Google

salze sind: *Salpetersaures Natron, Rhomboidal-Salpeter.* Wasserfreie stumpfe Rhomboeder, mit Kohle viel schwächer verpuffend, als salpetersaures Kali, und deshalb nicht zur Schieſs-pulverbereitung geeignet, in 3 kaltem Wasser löslich.

Schwefelsaures Natron, Glaubersalz. Es schieſst aus der wässerigen Lösung in der Hitze ohne Wasser an, in der Kälte in Verbindung mit viel Wasser in groſsen, wasserhellen, geraden rhomboidischen Säulen, von bitterlich salzigem Geschmack, in gelinder Wärme schmelzend, an der Luft schnell verwitternd. Das Salz zeigt eine auffallende Verschiedenheit hinsichtlich seiner Löslichkeit in Wasser, je nach der Temperatur, da es bei 0° C. 8 Theile Wasser zur Auflösung braucht, bei 33° aber $\frac{1}{3}$tel und bei 50° nur $\frac{10}{26}$tel; eine bei 33° gesättigte Lösung setzt daher beim Erkalten gewässerte, beim Erhitzen wasserfreie Krystalle ab.

Das *einfach-phosphorsaure Natron* schieſst in schiefen rhombischen Säulen an, welche schnell verwittern, bei gelinder Wärme in ihrem Krystallwasser schnell schmelzen und sich in 4 kaltem Wasser lösen. Das *doppelt-phosphorsaure Natron* liefert in der Glühhitze ein durchsichtiges Glas.

Das *boraxsaure Natron Borax* (im rohen Zustande *Tinkal*) schieſst aus der wässerigen Lösung in der Kälte in der gewöhnlichen Gestalt schiefer rectangulärer Säulen, dagegen in gelinder Wärme in Oktaedern an, die nur halb so viel Krystallwasser enthalten. Die gewöhnlichen Krystalle verwittern an der Luft oberflächlich, verwandeln sich beim Erhitzen zuerst unter Schmelzung und Entwicklung des Wassers in eine schwammige Masse, den *gebrannten Borax*, dann in der Glühhitze in eine zähe, durchsichtige, beim Erkalten erstarrende Masse, das *Boraxglas.* Da dieses beim Schmelzen verschiedene Metalloxyde und andere Körper auflöst und dadurch Aenderungen in Farbe und Durchsichtigkeit erleidet, so dient der Borax, um vor dem Löthrohre die Natur dieser Stoffe zu erkennen.

Das *einfach-kohlensaure Natron* wird in sehr unreinem Zustande durch Einäschern von Strand- und See-Gewächsen als *natürliche Soda* und durch Glühen von schwefelsaurem Natron mit kohlensaurem Kalk und Kohle als *künstliche Soda* erhalten. Das reine Salz schieſst gewöhnlich in mit 2 Flächen zugeschärften schiefen rhombischen Säulen an, von alkalischer Reaction, leicht in Wasser löslich, wegen ihres groſsen Was-

Digitized by Google

sergehalts an der Luft verwitternd und in gelinder Wärme schmelzend. Auſserdem giebt es ein *anderthalb-* und ein *doppelt-kohlensaures Natron*, wovon das erstere in festem Zustande, als *Trona*, natürlich vorkommt, das letztere gelöst in den alkalischen Mineralwässern.

Das *essigsaure Natron* erscheint in verwitternden, leicht in Wasser löslichen Säulen. Das *talg-* und *ölsaure Natron* macht den Hauptbestandtheil der härtern Seifenarten aus, die man durch Behandlung des Fettes entweder mit wässerigem Natron erhält, oder mit wässerigem Kali unter späterm Zusatze von Kochsalz.

Mit Alaunerde, Süſserde und Kieselerde, so wie mit den beim Kali genannten schweren Metalloxyden geht das Natron ganz ähnliche Verbindungen ein, wie dieses. Die bei geringerem Natrongehalte entstehende unlösliche Verbindung mit Kieselerde ist das *Natronglas*. Man erhält dieses sowohl durch Zusammenschmelzen der Kieselerde mit kohlensaurem Natron, als auch mit kohlensaurem Kali und Kochsalz zugleich, sofern sich das zuerst entstehende kieselsaure Kali mit dem Chlornatrium in kieselsaures Natron und Chlorkalium zersetzt, welches nicht mit der Glasmasse mischbar ist und sich mit den übrigen Unreinigkeiten als Glasgalle erhebt; auch kann man die Kieselerde mit schwefelsaurem Natron, Kohle und etwas Kalk schmelzen (Glaubersalzglas). Durch Zusatz von Kalk läſst sich überhaupt Natron ersparen (Kreideglas), doch verschlechtert ein Uebermaſs desselben das Glas.

Oxydirende Zusätze, wie Salpeter, arsenige Säure und Braunstein, die in sehr kleiner Menge angewandt werden, bezwecken die Oxydation der etwa in den Ingredienzien enthaltenen Kohle und des Eisenoxyduls, da erstere dem Glase eine braune, letzteres eine grüne Farbe ertheilen würde; doch bewirkt eine zu groſse Menge der arsenigen Säure eine weiſse Trübung, so wie ein Uebermaſs von Braunstein rothe Färbung veranlaſst. Das Gemenge dieser Ingredienzien, die *Fritte*, wird entweder zuerst in einem besondern Ofen, dem Frittofen, der schwächern Hitze ausgesetzt, oder kommt, wenn es nicht so sehr aufschäumt, sogleich in die Glashäfen. Diese sind groſse, aus sehr gutem Thon geformte Tiegel, die sich zu 6 und mehr in einem gemeinschaftlichen Ofen, dem Glasofen, befinden. Die Masse wird hierin 12 bis 24 Stunden lang ge-

Digitized by Google

schmolzen, bis das Glas weder Körner, noch Streifen und Wolken, noch Blasen mehr zeigt. Die Körner sind noch unaufgelöster Quarz, sie verschwinden um so eher, je stärker die Hitze oder je gröſser das Verhältniſs von Alkali ist; daher vermehrt man auf Glashütten, auf denen das Brennmaterial gespart wird, die Menge des Alkali's oft übermäſsig und erzeugt dadurch ein Glas, welches an der Luft leicht blind wird oder, nachdem es einige Zeit der Luft ausgesetzt gewesen war, schon bei 100° rauh und schülferig wird. Die Streifen und Wolken rühren von Glasgalle her, die noch nicht Zeit hatte, sich über die Glasmasse zu erheben, und die Blasen rühren vorzüglich von zurückgebliebenem kohlensauern Gase her. Nach Beendigung der Schmelzung schöpft man die Glasgalle ab, formt die Glasmasse und bringt sie dann in den Temperir- oder Kühl-Ofen, worin man sie vom Glühpuncte aus allmälig immer weiter abkühlen läſst. Das Natronglas ist schmelzbarer und härter als das Kaliglas und wird zu den gewöhnlichen Zwecken vorzugsweise verwandt, während das Kron- und Krystallglas vorzugsweise Kaliglas enthält.

Die Verbindungen des Natriums mit Fluor, Chlor, Brom und Jod sind im Wasser löslich und krystallisiren in Würfeln und Oktaedern. Die wichtigste dieser Verbindungen, das *Chlornatrium*, wird theils als *Steinsalz*, theils durch Abdampfen der Salzsoolen und des Meerwassers als *Kochsalz* und *Seesalz* erhalten. Es verknistert meistens im Feuer, schmilzt in der Rothglühhitze, verdampft in stärkerer und löst sich in 2,8 Theilen kaltem und wenigstens 2,7 Theilen kochendem Wasser. Mit Schwefel ist das Natrium gleich dem Kalium in verschiedenen Verhältnissen zu röthlichbraunen Massen verbindbar, die als *Natronschwefelleber* unterschieden werden und bei deren Lösung in Wasser hydrothion- und hydrothionig-saures Natron entsteht. *G.*

N e b e l.

Nebula; Brouillard; *Fog, Mist* (sehr nasser Nebel), *Haze* (sehr dünner Nebel, das was in einem niederdeutschen Provinzialismus D u f t heiſst).

Es ist bereits an mehreren Stellen dieses Werkes über den Wassergehalt der Atmosphäre und überhaupt über die Bestand-

Digitized by Google

theile der letzteren gehandelt worden[1]. Wenn also hier von den Nebeln im Besonderen die Rede ist, so darf ich das eigentliche Wesen und die specielle Beschaffenheit derselben ohne Weiteres in Betrachtung ziehen. Zunächst versteht man nämlich unter Nebel eine mehr oder minder dichte, eben daher auch ungleich durchscheinende und die Luft verfinsternde Anhäufung von Dunstbläschen, deren Unterschied von den Wolken zwar nicht scharf bezeichnet werden kann, im Ganzen aber von der Art ist, daſs man in den Mittheilungen hierüber ohne eigentliche Miſsverständnisse leicht verständlich wird. Es giebt indeſs verschiedene nebelartig in der Atmosphäre schwebende Substanzen, welche insgesammt Nebel genannt, zugleich aber durch bezeichnende Beiwörter unterschieden werden, und es ist daher am zweckmäſsigsten, zuerst von den feuchten Nebeln und demnächst von den verwandten Erscheinungen zu handeln.

A. Feuchte Nebel.

Die feuchten oder schlechtweg sogenannten Nebel bestehen aus wässerigen Dunstbläschen, oder aus Wasserdunste, dessen eigenthümliche Beschaffenheit bereits ausführlich erörtert worden ist[2]. Aus dem hierüber Gesagten folgt von selbst, daſs der Nebel nur in einer mit Wasserdampf gesättigten Luft existiren kann, indem die nicht gesättigte in sehr kurzer Zeit den entstandenen Dunst, nachdem er durch seine sensible, hierdurch aber latent werdende Wärme in Dampf verwandelt worden, in sich aufnehmen würde, wie tägliche Erfahrungen durch die Beobachtung der nahe über der Oberfläche des heiſsen oder siedenden Wassers schwebenden Dünste genugsam beweisen. Wenn daher de Luc[3] und Al. v. Humboldt[4] das Gegentheil gefunden haben, so liegt die Ursache hiervon in der Unvollkommenheit des gebrauchten Fischbeinhygrometers, wie Kämtz[5] richtig bemerkt, dessen eigene Versuche, eben so wie die früheren von de Saussure[6],

1 Vergl. Art. *Meteorologie*, wo die übrigen Stellen nachgewiesen sind.

2 Vergl. Art. *Dunst* Bd. II. S. 644.

3 Idées sur la météorologie. II. Tom. Lond. 1786. 8. T. II. p. 33.

4 Voyage cet. T. IV. p. 261.

5 Meteorologie Th. I. S. 366.

6 Versuch über die Hygrometrie. Leipz. 1784. §. 324.

Digitized by Google

die Thatsache selbst auſser Zweifel setzen. Uebrigens erzählt auch Scoresby[1], daſs Leslie's Hygrometer im dicken Nebel zuweilen mehrere Grade der Trockenheit zeige, wonach also die Luft nicht mit Wasserdampf gesättigt seyn könnte. Allein auch dieses Hygrometer kann ich, aus bereits[2] angegebenen Gründen, nicht für absolut zuverlässig halten, insbesondere wenn die Schwierigkeit seines Gebrauches mit berücksichtigt wird. Zugleich berichtet derselbe, daſs an der Küste von Neufundland oft im dicksten Nebel Fische getrocknet werden, allein nur dann, wenn die Nebel, wie dort gewöhnlich, nicht hoch sind, so daſs die Sonnenstrahlen durchdringen und also in den beschienenen Felsen und den auf ihnen befindlichen Fischen Wärme entwickeln. Es folgt demnach auch, daſs die Luft, in welcher sich Nebel bilden, unter die Temperatur des Sättigungspunctes mit Wasserdampf erkaltet seyn muſs, unter welcher Bedingung dann das Entstehen der Nebel leicht erfolgt. Die erforderliche Temperaturverminderung der mit Wasserdampf gesättigten Luftschichten erfolgt jedoch keineswegs ausschlieſslich durch Beimischung kälterer, woraus James Hutton[3] alle Nebelbildung zu erklären geneigt ist, sondern durch die mannigfaltigsten verschiedenen Ursachen. Es ist demnach leicht erklärlich, daſs beim Zutritt der Luft unter exantlirte Campanen, in denen sich Wasserdämpfe befinden, plötzlich ein Nebel entsteht; denn entweder die eindringende Luft ist mit Wasserdampfe gesättigt oder mindestens feucht, so folgt von selbst, daſs der Raum unter der Campane nicht den in ihr schon vorhandenen und den hinzukommenden Wasserdampf fassen kann; oder sie ist trocken, aber auch dann wird sie den eingeschlossenen Wasserdampf so schnell in einen kleinern Raum zusammenpressen, daſs ein Theil desselben zur Dunstform übergehen muſs. Umgekehrt beobachtete John Roebuck[4] im Gebläsekasten des Hochofens zu Devonshire das plötzliche Entstehen eines Nebels, als die Compression der Luft nach dem Anhalten des Gebläses aufhörte, welche Erscheinung aus der durch die

---

1 Tagebuch einer Reise auf den Wallfischfang u. s. w. 1822. Uebers. von Kries. 1825. 8. S. 201.

2 S. Art. *Hygrometer.*

3 Edinb. Phil. Trans. Vol. I.

4 Aus Trans. of the Roy. Soc. of Edinburgh. T. V. N. 2. in G. A. IX. 51.

Digitized by Google

Expansion der eingeschloſsenen Luft bedingten Kälte erklärlich wird.

Schwerlich giebt es irgend einen Ort auf der Oberfläche der Erde, wo niemals ein Nebel gebildet würde, ausgenommen diejenigen Gegenden, woselbst wegen übergroſser Trockenheit der Luft Regen und selbst Thau gänzlich fehlen, namentlich im Innern der asiatischen und africanischen Sandwüsten. Obgleich nämlich die Temperatur an einigen Orten daselbst während der Nacht beträchtlich herabsinkt, so ist es doch wegen der nachhaltenden Wärme des dürren Sandbodens kaum möglich, daſs sie unter den Sättigungspunct der Luft mit Wasserdampfe herabgehen und dadurch die Bildung des Nebels bedingen sollte. Es sind daher allerdings Gründe vorhanden, die Vermuthung von Kämtz[1] für richtig zu halten, daſs die von Reisenden in jenen Gegenden beobachteten Nebel trocken und hauptsächlich aus feinen Staubtheilchen bestehend gewesen seyn mögen. Im Ganzen ist die Menge des Nebels an den verschiedenen Orten sowohl rücksichtlich seines öftern Erscheinens, als auch seiner Dichtigkeit der vorherrschenden Feuchtigkeit und dem leichteren oder häufigern Wechsel der Temperatur proportional. Am anhaltendsten und dicksten sind sie daher an den Küsten des Meeres oder groſser Seen, und zwar in steigender Progression von den Wendekreisen an bis zu den Polarkreisen, von welcher Grenze an sie jedoch nach Beobachtungen und Wahrscheinlichkeitsgründen wieder abnehmen. Unter den Polen selbst nämlich hindern schon die anhaltend langen Nächte und der ganz erstarrte Boden den Wechsel der Temperatur, und auſserdem ist die letztere so niedrig, daſs die Luft überhaupt keine groſse Menge von Wasserdampf enthalten kann.

Auf dem *offenen Meere* bietet die unermeſsliche vorhandene Wassermenge die Mittel dar, die atmosphärische Luft mit Feuchtigkeit zu sättigen, und wenn dann die Temperatur sinkt, so ist hierdurch die Bedingung zur Nebelbildung gegeben. Die regelmäſsigen Passatwinde sind jedoch trocken und hindern somit die Sättigung der Luft mit Dampf, sobald aber die Schiffe über den Bereich derselben hinauskommen, haben sie Nebel zu erwarten. La Pérouse[2] erzählt daher, daſs sein Schiff am

1 Meteorologie Th. I. S. 372.

2 Voyage de la Pérouse autour du Monde, publié par Millet-Mureau. Par. 1797. IV. Tom. T. II. p. 131.

Digitized by Google

6ten Juni 1786 unter 30° N. B. die Grenze des Passatwindes überschritt, worauf dann bald der Himmel trübe wurde, und schon am 9ten unter 34° N. B. stellte sich ein bis zum 14ten anhaltend fortdauernder Nebel ein, welcher jede Beobachtung am Himmel unmöglich machte. Ungleichheit und Wechsel der Temperatur sind jedoch noch weit häufiger und stärker an den *Küsten*, wo die genügende Menge des Wassers zum Verdampfen nicht fehlt und der feuchte Boden nebst der über ihm befindlichen Luft durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen stärker erhitzt wird, nach dem Aufhören dieses Erwärmungsmittels aber schneller und stärker erkaltet, als das in dieser Hinsicht minder veränderliche Wasser. Diese allgemeine Ursache kann obendrein noch durch örtliche Bedingungen verstärkt werden, wie dieses namentlich an den englischen und norwegischen Küsten, desgleichen im Canale der Fall ist, wohin das wärmere Meereswasser des Golphstromes flieſst, und umgekehrt an der Ostküste von Nordamerica, wohin die Strömung des kalten Wassers der Polarmeere gerichtet ist. La Pérouse [1] klagt daher sehr über die anhaltenden und unausstehlich dicken Nebel an den Küsten von Neuschottland, Neufundland und der Hudsonsbay, noch mehr aber darüber, daſs die Küste von Monterey und überhaupt von Californien fast unausgesetzt in dicke Nebel gehüllt ist, mehr als die Ostküste von China, der chinesischen Tartarei und von Labrador. Aehnliche Klagen führen Cook, Ross, Parry, Scoresby und andere, aber die Sache ist schon aus den Berichten älterer Reisenden so bekannt, daſs die neueren sie nur als solche kurz erwähnen. So sagt unter andern Kotzebue [2], daſs an der Küste von Kamtschatka 18 Tage unter beständigem Nebel und feinem Regen verstrichen, und v. Chamisso [3] von den Küsten der Insel St. Laurentii, Unalaschka, der Bucht von Avaschka und San Francisco, daſs zur Sommerzeit auf dem Meere ein dicker Nebel ruht, welcher sich nur auflöst, wenn er vom Winde über das wärmere Land getrieben wird. De la Pilaye [4] berichtet von seinem Aufent-

---

1 Reise T. II. p. 383.

2 Entdeckungsreise in d. Südsee u. s. w. Weimar 1821. 4. Th. II. S. 109.

3 Ebendas. Th. III. S. 161.

4 Mém. de la Soc. Linn. T. IV. p. 462.

Digitized by Google

halte auf Terre neuve unter 47° bis 50° N. B., daſs dicke, vom Meere kommende Nebel regelmäſsig sich nur im Mai und September zeigen, an den Küsten aber häufiger sind, sehr fein zu seyn scheinen, indem sie nicht naſs machen, selten oder nie durch einen Geruch kenntlich werden, die Menschen aber zur Traurigkeit stimmen, ja diesen Einfluſs auch auf die Thiere haben. Sie zeigen sich bei unruhiger See und bei gänzlicher Windstille. Selbst an der Küste von Peru wird die Schifffahrt zuweilen durch die daselbst vier bis fünf Monate hindurch herrschenden Nebel nach von Humboldt[1] gefährlich oder mindestens beschwerlich, am bekanntesten aber sind die Nebel an den niederländischen Küsten, namentlich zu Amsterdam, wo die durch sie veranlaſste Dunkelheit verursacht, daſs Wagen gegen einander fahren und Fuſsgänger in die Canäle gedrängt werden[2]. Norwegens westliche Küsten haben viele und dicke Nebel, welche namentlich die Buchten oder Fiörden füllen. Ihr Ursprung läſst sich leicht daraus erklären, daſs der aus dem wärmeren Meere aufsteigende Wasserdampf über dem kälteren Erdboden oder in den minder warmen Räumen der Fiörden niedergeschlagen wird; schwerer erklärlich ist, daſs auch in der Gegend von Torneö selbst im hohen Sommer oft anhaltende Nebel herrschen, bis der trockne Nordwind sie verscheucht. Maupertuis[3] leitet sie von der starken Erhitzung des Bodens in den langen Sommertagen ab, welche Ursache um so wirksamer ist, je mehr Wasserdampf namentlich in den kälteren Jahreszeiten vom Bottnischen Meerbusen herbeigeführt und in den kalten gebirgigen Gegenden niedergeschlagen wird, woraus sich die vielen dortigen Quellen, Sümpfe, Bäche und Flüsse leicht erklären lassen.

Auch die *Ufer groſser Seen* sind häufig mit dichtem Nebel bedeckt, wie namentlich Andrew Ellicot[4] am See Erie beobachtete, kleinere dagegen gleichen rücksichtlich dieses ihres Verhaltens mehr den Flüssen, über denen man häufig eine ihrem Laufe folgende Nebelschicht wahrnimmt, wenn die umgebende Atmosphäre völlig heiter ist. Dieses vielfach beobachtete,

1 Aus Journ. de Phys. LIX. 429. in G. XX. 289.
2 Vergl. Musschenbroek Introd. §. 2319.
3 Figure de la Terre p. 19.
4 Transact. of the Amer. phil. Soc. T. IV.

Digitized by Google

in heiteren Sommernächten oft sehr interessante Phänomen ist zuerst durch Humphry Davy vollständig erklärt und kann gegenwärtig wiederum zur Aufhellung verwandter Erscheinungen dienen. Wenn nämlich an heiteren Abenden die Temperatur merklich herabgeht und reichlicher Thau fällt, so bemerkt man häufig über Wiesengrunde mit kurz geschornem Rasen eine wenige Fuſs über der Erde entstehende, nicht sehr dicke und oft nur wenig ausgebreitete Nebelschicht, welche zuweilen sehr schnell entsteht, nicht selten dünner oder auch dicker wird, und in einigen Fällen durch einen frischen Wind zerstiebt völlig verschwindet, um nach einiger Zeit abermals zu entstehen; in nicht seltnen Fällen erhält sie sich jedoch, und zwar dann meistens in gröſserer Dicke, die ganze Nacht hindurch und wird erst durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen am Morgen in Dampf aufgelöst.

Was hiernach über feuchtem Wiesengrunde, hauptsächlich in Niederungen, geschieht, ereignet sich eben so häufig *über Flüssen*, jedoch mit dem Unterschiede, daſs die über diesen gebildeten Nebel dichter und an den Seiten schärfer, oft gleichsam durch verticale, fast ebene Flächen begrenzt sind. In der Regel verschwinden auch diese Nebel beim Aufgang der Sonne, zuweilen erhalten sie sich jedoch bis einige Stunden später. H. Davy hat dieses Phänomen auf vielen, namentlich deutschen, Flüssen anhaltend und gründlich untersucht und hat hierdurch aufgefunden, daſs die Ursache desselben lediglich in einem Unterschiede der Temperatur des Wassers und der Luft über demselben zu suchen sey. Durch den Einfluſs der Sonnenstrahlen wird nämlich der Erdboden und die ihn berührende Luft am Tage zwar wärmer als das Wasser, nach dem Eintritte der Abendkühlung aber geht die Temperatur der erstern sehr bald unter die des letzteren herab[1], das Wasser erzeugt hauptsächlich in Folge seiner groſsen specifischen Wärmecapacität eine Menge Wasserdampf, welcher in die kältere Luft aufsteigt, daselbst niedergeschlagen wird und den Nebel bildet,

1 Nach Davy und fast allen andern Physikern geschieht dieses durch Strahlung der Wärme des Bodens gegen den heiteren Himmel. Da ich aber ein Gegner dieser hypothetischen Strahlung bin, worüber die Gründe im Art. *Wärme* angegeben werden sollen, so begnüge ich mich damit, hier bloſs die Thatsache einfach mitzutheilen.

Digitized by Google

welcher Process so lange dauert, als die Temperatur des Wassers die der Luft um einen oder einige Grade übersteigt[1]. Später hat Harvey[2] diese Versuche mehrfach wiederholt und die Sache vollkommen bestätigt gefunden, so daſs die Erklärung dieses Phänomens nicht mehr zweifelhaft ist[3]. Die einzelnen Nebelschichten über Wiesen und feuchtem Boden, welche hauptsächlich in heiteren Herbstabenden und Nächten gebildet werden, haben mit den über Flüssen und Gewässern entstehenden so groſse Aehnlichkeit, daſs man ihre Entstehung füglich aus der nämlichen Ursache ableiten darf, wie auch bereits durch de Luc[4] geschehen ist, jedoch fehlt es hierüber bis jetzt noch an hinlänglich zahlreichen thermometrischen Messungen.

Eine minder häufige, jedoch nicht eigentlich seltene Erscheinung ist das sogenannte *Dampfen der Flüsse* bei beträchtlich starker Kälte. Nur selten geht die Temperatur der Atmosphäre plötzlich so tief herab, daſs der aus dem nur wenige Grade über dem Eispuncte warmen Wasser aufsteigende Dampf sich in der kälteren Luft zu Nebel verdichtet, und hat sich allmälig erst eine Eisdecke gebildet, so ist dieses unmöglich, weswegen denn das Phänomen unter die seltneren gehört. Inzwischen wird es dennoch zuweilen beobachtet und ist namentlich von mir selbst häufig über einem breiten Bassin beobachtet worden, in welches das Wasser von mehreren Gängen einer groſsen Mahlmühle sich ergoſs, über welchen bei strenger Winterkälte hauptsächlich am Morgen ein so dicker Dunst ruhte, als ob er von heiſsem oder gar siedendem Wasser aufstiege. So viel ich mich ohne genaue Messungen erinnere, muſste die Kälte bis etwa 12° C. herabgehen, wenn die Erscheinung sich zeigen sollte, und da das heftig bewegte Wasser schwerlich viel unter dem Gefrierpunct erkältet war, so giebt jene Gröſse unmittelbar den Unterschied der Temperaturen an, welcher die Erscheinung

---

1 Phil. Trans. 1819. P. I. p. 123.

2 Journ. of the Roy. Inst. N. XXIX. p. 55. Edinb. Phil. Journ. N. XVIII. p. 255. Ann. Ch. Phil. XXIII. p. 197. Quarterly Journ. of Sc. II. 29.

3 Kämtz in seiner Meteorologie Bd. I. S. 367. erwähnt, daſs schon Winterbottom in Nachrichten von der Sierra-Leone-Küste S. 45. diese Erklärung gegeben habe.

4 Recherch. sur la Modif. §§. 673. 695. Idées sur la Météor. T. II. p. 81.

Digitized by Google

bedingt. Es existirt indeſs auſser dieser beiläufigen noch eine genauere Messung. In New-York nämlich trat am 3ten Januar 1801 nach lange anhaltender milder Witterung plötzlich starke Kälte ein, so daſs nicht bloſs das süſse Wasser in den Cisternen, sondern auch das salzige in den Flüssen Hudson und Sound stark dampfte. Das Thermometer in freier Luft zeigte nach Mitchill's Messungen 12° F., im Wasser der Cisterne aber 41° und im Fluſswasser 37°; letzteres hörte auf den Nebel zu erzeugen, als die Wärme der Luft bis 12° F. stieg, ersteres aber, als sie 21° erreichte, wonach die Erscheinung also für süſses Wasser durch einen Temperaturunterschied von etwa 20° F. oder 11° C., für salziges aber von 25° F. oder fast 14° C. bedingt wird, den Einfluſs der Luftfeuchtigkeit nicht gerechnet[1]. Aehnlich ist der Nebel, welcher in kalten Wintern nicht selten bedeutend dicht aus den Oeffnungen geräumiger und warmer Keller oder beträchtlich groſser Höhlungen aufzusteigen pflegt.

Eine den genannten verwandte Erscheinung ist das sogenannte Rauchen der Berge. Bei regnerischer Witterung nämlich, wenn die Luft zu wässerigen Niederschlägen vorzugsweise geneigt ist, sowohl nach einem einzelnen Regenschauer, als auch nach anhaltendem Regen, und als ziemlich sichere Anzeige fortdauernden Regenwetters, sieht man über einzelnen Stellen der Berge isolirte Nebelmassen schweben, welche dünner oder dicker, mitunter sehr dick sind und zuweilen schlauchartig aus den höhern Wolken sich beträchtlich tief herabsenken, bald eine längere Zeit ohne merkliche Veränderung sich an ihrem Orte erhalten, bald aufsteigen oder mehr herabsinken, und in ungleichen Zeiträumen dünner oder dicker werden oder durch Auflösung gänzlich verschwinden. Hat man Gelegenheit, Berge oft und anhaltend zu beobachten, so gelangt man zu der Ueberzeugung, daſs die Nebelbildung über gewissen bestimmten Stellen wiederkehrend erfolgt, während andere davon frei bleiben. Die Phänomene an sich sind so häufig und gemein, daſs sie keinem Meteorologen fremd seyn können, und selbst dem gemeinen Manne sind sie bekannt, aber die Erklärung derselben ist noch immer nur hypothetisch. Man nimmt nämlich an, daſs die einzelnen Stellen des Erdbodens durch ihre eigenthümliche

1 Aus Medical Repository by Mitchill and Miller. New-York 1801. T. IV. in G. XI. 474.

Digitized by Google

Beschaffenheit als schlechtere oder bessere Wärmeleiter oder wegen ihrer gröſseren Feuchtigkeit die Wärme in gröſserer Menge aufnehmen oder auch abgeben, und somit in den Luftschichten über ihnen den Niederschlag bewirken. Ungleichheiten dieser Art, durch hohle Räume oder eigenthümliche Felsarten bedingt, können leicht statt finden, aber es wäre zu wünschen, daſs durch nähere Untersuchungen die eigentliche wirkende Ursache bestimmter aufgefunden würde, welches jedoch aus leicht begreiflichen Gründen schwierig ist. Nach der Analogie mit verwandten Erscheinungen dürfen wir schlieſsen, daſs auch diese Nebel der höheren Temperatur des Erdbodens an jenen Stellen und den in Folge dessen hiervon aufsteigenden, in der kälteren Luft niedergeschlagenen Dämpfen ihren Ursprung verdanken, indem sie hiernach eben so gut von oben herab, als von unten aufwärts gebildet zu werden scheinen, je nachdem der Niederschlag in gröſserer oder geringerer Höhe beginnt; daſs aber manche Stellen, in Folge ihrer eigenthümlichen Beschaffenheit, namentlich wenn sie Wasserbehälter enthalten oder feuchter sind, mehr Wärme aufnehmen und diese also, eben wie die Flüsse und Seen, später wieder abgeben können, ist nicht schwer zu begreifen. Für diese Erklärung spricht auch die einzige mir bekannte, mit Messungen verbundene, Beobachtung dieses Phänomens und des ihm verwandten der Nebelbildung über Wiesen. Kämtz[1] sah nämlich bei Wiesbaden einige nach einem Regen aufsteigende Nebelsäulen und fand in einer derselben die Temperatur am Boden 14°,8 R., in 4 Fuſs Höhe aber 12°,3. Nimmt man hinzu, daſs bei regnerischem Wetter die Luft mit Wasserdampfe gesättigt ist, ihre Temperatur aber meistens herabsinkt, statt daſs der Erdboden seine frühere Wärme noch eine Zeitlang beibehält, und daſs die Berge eine freiere, die Nebel fortführende Luftbewegung leicht hindern können, so kann die wirkende Ursache dieser Erscheinungen kaum noch als zweifelhaft betrachtet werden.

Häufig lagern sich die Nebel in Thälern und erscheinen dann, von oben herab betrachtet, als weiſsliche flockige Wolken, in engen Thälern aber, namentlich in heitern Sommernächten, gleichen sie sehr täuschend einer Wasserfläche, um so mehr, als sich in ihnen benachbarte Gegenstände, nament-

1 Meteorologie Bd. I. S. 370.

lich Bäume, Bergspitzen u. s. w. spiegeln. Die Entstehung auch dieser läſst sich leicht auf die bisher angegebenen Ursachen zurückführen. Vorzugsweise aber sind die Spitzen etwas höherer Berge häufig in Nebel gehüllt, welche von unten gesehen den Wolken völlig gleichen, den in ihnen befindlichen Beobachtern aber durch ihre Undurchsichtigkeit die Aussicht in die Ebene herab rauben. Weil auf Bergen selten völlige Windstille herrscht, so sind die Nebel daselbst in den wenigsten Fällen so ruhig und bleibend, als in den Ebenen oder den Thälern, vielmehr werden sie öfter durch den Luftzug wegbewegt und bald nachher neu erzeugt; ist aber ihre Bewegung anhaltend, so gehören sie den Wolken an, die sich überhaupt durch keine scharfe Bestimmung von ihnen unterscheiden lassen.

Ehemals unterschied man *aufsteigende* und *niedersinkende* Nebel, weil man annahm, die sie bildenden Dünste kämen entweder von der Erde, oder aus der Atmosphäre[1]. Nach der gegebenen Darstellung werden jedoch alle Nebel in der atmosphärischen Luft aus dem in ihr enthaltenen Wasserdampfe gebildet, welcher jederzeit aus der Oberfläche der Erde aufgestiegen seyn muſs, wenn gleich nicht an dem nämlichen Orte, wo er in die Dunstform übergeht. Inzwischen nimmt man noch jetzt allgemein in Folge zahlreicher Beobachtungen an, daſs der bereits gebildete Nebel entweder fällt oder steigt, womit dann die wohlbegründete Witterungsregel verbunden wird, daſs der aufsteigende Nebel Regen, der niedersinkende aber heiteres Wetter verkündigt. Auch dieses Verhalten läſst sich mit den allgemeinen Gesetzen der Nebelbildung sehr gut in Uebereinstimmung bringen. Es ist nämlich bereits bemerkt, daſs Nebel nur in einer mit Wasserdampf gesättigten Luft entstehen können. Bekanntlich aber nimmt die Dichtigkeit der Dämpfe mit der Temperaturerhöhung zu, und wenn also die Luftschicht, worin der Nebel schwebt, wärmer wird, so muſs ein Theil desselben aus der Dunstform in die Dampfgestalt übergehen und umgekehrt, woraus schon von selbst folgt, daſs die Dichtigkeit der Nebel einem Wechsel unterworfen seyn kann. Wirklich beobachtet man auch häufig, namentlich bei den ruhenden Nebelmassen über Flüssen und feuchten Wiesen, daſs sie abwechselnd dünner und dichter werden, zuweilen gänzlich verschwinden, zu

1 Encyclop. méthod. T. I. p. 223.

andern Zeiten aber, eben wie die sonstigen dichten Nebel, in die Höhe gehoben und als Wolken fortgeführt werden. Die Verdichtung der Nebel über Flüssen leitete H. Davy und vorzüglich Harvey aus der Strahlung ab, indem sie annahmen, daſs die obern Dunstbläschen Wärme ausstrahlen, dadurch erkalten, nebst der kälteren Luft herabsinken und somit eine Verdichtung der Nebelmasse bewirken. Harvey findet einen Beweis für diese Hypothese in der Beobachtung, daſs sich die Wärme einmal in der Mitte der Nebelmasse geringer zeigte, als an der Grenze. Kämtz[1] bemerkt jedoch mit Recht, daſs zur Begründung einer solchen Hypothese weit mehr anhaltende und genaue Beobachtungen erforderlich seyn würden, um so mehr als die von ihm selbst gemachten darthun, daſs die Temperatur in den Nebelschichten stets geringen Schwankungen unterworfen ist, wie dieses aus dem eigenthümlichen Processe der Nebelbildung und Zerstreuung schon von selbst folgt.

Soll nämlich ein Nebel entstehen, so muſs vor allen Dingen die Luft mit Wasserdampf gesättigt seyn, weswegen auch dichtere Dampfmassen über Siedehäusern, warmen Quellen, selbst über dem Stromboli, feuchtes Wetter und bevorstehenden Regen verkündigen[2]. Zugleich muſs aber Wasserdampf von mehr erwärmtem Wasser oder feuchtem Erdboden aufsteigen, oder derselbe muſs durch wärmere Luftströmungen den kälteren Regionen zugeführt werden. Indem nämlich die Dichtigkeit des Wasserdampfes durch Temperaturerhöhung stark zunimmt, so wird ein Theil desselben in Dunst verwandelt, sobald wärmere, mit Dampf gesättigte Luftmassen durch Beimischung kälterer eine Verminderung ihrer Temperatur erleiden, selbst in dem Falle, wenn die kälteren nicht mit Wasserdampf gesättigt sind, jedoch um so stärker, je mehr dieses der Fall ist. Hieraus hauptsächlich werden die sogenannten *Polarnebel* oder die dicken Nebel erklärlich, welche in den Polargegenden[3], namentlich an den Küsten, z. B. der Hudsons- und Baffins-Bay, dem Lancaster-Sund, der Barrow-Straſse, dem Cap Horn u. s. w. herrschen. Wenn also die Wasserdämpfe in kältere Luftschichten vermöge ihres geringeren specifischen

---

1 Meteorologie Bd. I. S. 368.

2 De Luc Recherch. sur les modif. de l'Atm. T. III. §. 609 ff.

3 Hansteen in Edinb. Phil. Journ. N. XXIV. p. 235.

Digitized by Google

Gewichtes aufsteigen, so werden sie diese zuerst sättigen, dann aber, in Dunst verwandelt, als Nebel zum Vorschein kommen. Hierbei sind zahllose Modificationen möglich, welche sich jedoch insgesammt in der Erfahrung nachweisen lassen. Steigen nämlich die wärmeren, wasserdampfhaltigen Lufttheilchen in die Höhe und kommen sie hierbei zuerst in trockne, wenn gleich kältere Luftschichten, so werden diese gesättigt, bis sie zu einer Höhe gelangen, wo die Temperatur zu niedrig und der schon vorhandene Grad der Sättigung zu groſs ist; dort beginnt dann die Nebelbildung, die tiefer liegenden Schichten werden allmälig gesättigt, mit Dunst erfüllt und die Nebelbildung geschieht scheinbar von oben herabwärts. Daſs der umgekehrte Proceſs gleichfalls statt finden könne, ist ohne nähere Erläuterung für sich klar. In der Regel sind die obern Luftschichten kälter; allein es ist häufig sowohl unter höheren Breiten, namentlich im Eismeere, als auch unter niederen, hauptsächlich zur Herbstzeit, der Fall, daſs die oberen durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen, oder weil sie aus wärmeren und trockneren Gegenden herzuströmten, wärmer sind; auſserdem aber können sie leicht so trocken seyn, daſs sie die in sie aufsteigenden Dampftheilchen auflösen und undurchsichtig bleiben. In allen diesen verschiedenen Fällen ereignet es sich nicht selten, daſs die Nebelschichten, wie die über Flüssen oder feuchten Wiesen, bei groſser Dichtigkeit keine bedeutende Höhe haben, so daſs sie bloſs die Thäler füllen, während die Spitzen der höheren, selbst nur der 1000 oder 600 Fuſs hohen Berge den heitersten Himmel zeigen, ja Scoresby[1] berichtet sogar, daſs ihre Höhe in den Polarmeeren oft nicht über die Spitze der Masten hinausragt, wobei er einstmals in 100 F. Höhe 35°, auf dem Verdeck 33°,75 dicht über dem Meeresspiegel und auf der Oberfläche des Wassers 34° F. als gleichzeitig bestehende Temperaturen beobachtete. Hiernach kann der Unterschied der sogenannten fallenden und steigenden Nebel sehr leicht erklärt werden. Ist nämlich der Nebel einmal gebildet, gleichviel bis zu welcher Höhe er reichen mag, werden die oberen Luftschichten allmälig trocken, es sey durch Herbeiströmung oder Herabsinkung oder durch Erwärmung ver-

1 Edinb. Phil. Journ. N. XI. p. 118. Vergl. Tagebuch einer Reise auf den Wallfischfang u. s. w. Ueb. von Kries S. 201.

mittelst der Sonnenstrahlen, so erfolgt eine von oben herabgehende Verwandlung des Dunstes in Dampf, oder eine Auflöſung des Nebels, wonach derselbe herabzusinken scheint, und es muſs dieses in Folge der Trockenheit der Atmosphäre ein Vorzeichen heiteren Wetters seyn. Ist dagegen die untere Luftschicht mit Dampf gesättigt und mit Nebel erfüllt, ist sie zugleich wärmer, so daſs sie in Folge der hieraus hervorgehenden gröſseren Leichtigkeit aufsteigt, dauert auſserdem durch die Wärme des feuchten Bodens die Verdampfung fort, jedoch so, daſs der Dunst des in den unteren wärmeren Luftschichten aufsteigenden Nebels aufgelöst wird und erst in den oberen wieder als undurchsichtiges Stratum zum Vorschein kommt, so gewinnt dieser Proceſs das Ansehn, als würde der Nebel gehoben und in den oberen Regionen zu Wolken verdichtet, welche später durch erfolgende Abkühlung oder Uebersättigung mit Feuchtigkeit Regen erzeugen müssen. In den meisten Fällen kommt jedoch ein bedingender Umstand hinzu, nämlich ein aufsteigender Luftstrom, welcher die Nebelmassen emporhebt, so daſs sie später verdichtet als Regen wieder herabfallen. In Folge örtlicher Verhältnisse können jedoch die hierdurch gebildeten Regenschauer erst an andern Orten zum Vorschein kommen, als an denen, wo die Nebelmassen emporsteigen, namentlich wenn diese durch Luftströmungen über höhere Gebirge fortgeführt wurden. Unter andern ist dieses der Fall bei den Nebeln, welche nach Christie's[1] wiederholten Beobachtungen häufig von Darwar aus auf die andere Seite der Gauts-Gebirge geführt werden und dort die heftigen Regengüsse erzeugen; auch regnet es auf der Hochebene von Quito, wenn die Luftströmung stark genug ist, die Nebel aus der Tiefe dorthin zu wälzen[2].

Insofern die Entstehung des Nebels durch den Grad der Feuchtigkeit des Bodens sowohl, über welchem er gebildet wird, als auch der Luftschichten, in denen er zum Vorschein kommt, und zugleich durch das Verhältniſs der Temperatur beider bedingt wird, so kann dieselbe nicht füglich zu allen Tageszeiten gleich häufig erfolgen, vielmehr wird sein Erscheinen am meisten dann statt finden, wenn der Boden wärmer ist,

1 Edinb. Phil. Journ. N. Ser. N. 10. p. 302.

2 Vergl. Art. *Regen*.

als die auf ihm ruhende Luftſchicht. Die Unterſuchungen über den Thau[1] haben ergeben, daſs der durch den Einfluſs der Sonnenſtrahlen am Tage erwärmte Erdboden, welcher ſeine ſteigende Temperatur allmälig der Luft zum Theil durch den in dieſelbe aufſteigenden Waſſerdampf mittheilt, beim Untergange der Sonne unter die Wärme der ihn berührenden Luftſchichten herabſinkt, weswegen dann nur Thau, aber kein Nebel entſtehen kann, und daher erſcheint letzterer am Abend nur über ſehr feuchten Stellen und über dem Waſſer, weil dieſes nicht auf gleiche Weiſe ſchnell abgekühlt wird. Daſs übrigens an regneriſchen Tagen und hauptſächlich bei ſehr feuchter Atmoſphäre zu jeder Tagszeit durch partielle Erwärmung des Erdbodens in Folge der auffallenden Sonnenſtrahlen an einzelnen Stellen, und namentlich auch an Bergen, Nebelmaſſen gebildet werden können, folgt aus der Natur der Sache, iſt auch bereits erwähnt und hauptſächlich durch die Beobachtungen und Meſſungen von Kämtz[2] auſser allen Zweifel geſetzt worden. Später, nach dem Untergange der Sonne, kühlt ſich die Luft ſtärker ab, ſo daſs namentlich in unſeren Gegenden während der längeren Nächte im Herbſte die Temperatur derſelben unter die des Erdbodens herabgeht und dann Nebel gebildet werden, welche mithin vorzugsweiſe um oder nach Mitternacht entſtehen und bis längere oder kürzere Zeit nach Sonnenaufgang dauern. Daſs ſie ausnahmsweiſe auf dem Continente einen ganzen Tag, an den Küſten mehrere Tage, ja Wochen und Monate lang, ununterbrochen anhalten, iſt bereits erwähnt worden. Auch dieſe ſehr gewöhnlichen Nebel ſtehen mit der Witterung in einem gewiſſen Zuſammenhange, indem ſie im Sommer regneriſches, im Herbſte dagegen heiteres Wetter verkündigen, was ſich daraus leicht erklärt, daſs ihr Entſtehen in den kürzeren Sommernächten und bei der alsdann herrſchenden höheren Temperatur einen ungleich gröſseren Grad der Feuchtigkeit in der Atmoſphäre beurkundet. Es folgt alſo hieraus, daſs die Zahl der Nebeltage weder an allen Orten, noch auch in allen Jahreszeiten gleich ſeyn kann, wenn auch die Summe derſelben im ganzen Jahre für jeden Ort ſo ziemlich gleich iſt. Kämtz[3] hat aus Buek[4] und den Mann-

1 S. Art. *Thau*.
2 Meteorologie Bd. I. S. 369.
3 Ebendaſ. S. 371.
4 Hamburg's Clima und Witterung S. 112.

heimer Ephemeriden eine interessante Tabelle zusammengestellt, welche ich hier mitzutheilen keinen Anstand nehme, indem er jeden Tag einen Nebeltag nennt, an welchem sich Nebel zeigt, ohne Rücksicht auf die Dauer desselben [1].

Monat	London	Cuxhaven	Hamburg	Berlin	Moskau	Stuttgart	München	Tegernsee	Peiſsenberg	St. Gotthard
Januar	5,0	4,1	7,4	4,4	1,9	4,4	7,4	11,2	12,8	18,5
Februar	3,9	3,2	5,6	4,2	0,9	3,8	3,2	10,9	11,0	18,5
März	3,1	2,3	5,1	2,0	2,4	5,0	3,5	13,8	14,4	22,9
April	1,6	1,5	3,6	1,4	1,2	1,0	1,7	10,6	9,1	23,7
Mai	0,4	0,5	1,9	0,0	0,2	0,2	0,7	9,8	8,6	24,2
Juni	0,2	0,7	2,0	0,4	0,7	0,6	1,2	8,4	8,0	25,7
Juli	0,0	1,3	2,1	0,7	0,7	0,6	1,2	9,7	7,1	27,7
August	1,0	1,5	2,9	0,5	1,7	0,6	1,5	10,4	6,2	25,8
September	2,5	2,2	2,9	2,3	2,3	4,0	2,0	8,8	10,2	25,6
October	5,8	3,1	6,7	5,2	3,1	5,0	7,5	13,9	16,2	23,3
November	5,5	4,5	6,0	7,2	1,9	9,2	9,3	12,8	15,3	20,9
December	4,8	4,5	6,1	5,3	1,2	4,4	7,9	14,3	14,0	20,7
Jahr	33,8	29,4	52,3	33,6	18,2	38,8	47,1	134,6	132,9	277,5

Diese Tabelle zeigt eine Ungleichheit in der Zahl der Nebeltage an verschiedenen Orten, zugleich aber, daſs dieselbe im Sommer bedeutend kleiner ist, als im Winter, daſs jedoch dieser Unterschied mit der Höhe abnimmt, indem mit der Zunahme der letzteren nicht bloſs die Nebel im Allgemeinen, sondern auch namentlich in den Sommermonaten häufiger werden, ein merkwürdiges Gesetz, welches zwar nicht auf Hochebenen von mittlerer Erhebung anwendbar ist, wie eine Vergleichung zwischen Hamburg und München, letzteres auf einer 1658 F. hohen Ebene gelegen, zeigt, wohl aber auf Berghöhen, indem für Tegernsee von 2324 F. und Peiſsenberg von 3145 F. Erhebung die Menge der Nebeltage gröſser ist, die Unterschiede der Winter- und Sommermonate aber geringer sind, für das Hospitium auf dem St. Gotthard von 6440 F. Höhe aber das Maximum der Nebeltage in den Monat Juli fällt. Kämtz erklärt dieses Gesetz richtig aus der Abkühlung, welche die aufsteigenden wasserdampfhaltigen Luftschichten durch die Bergspitzen erhalten, und bemerkt zugleich, daſs dasselbe nicht

1 Die Angaben sind die mittlern Gröſsen aus 6-, 9- und 12jährigen Beobachtungen.

Digitized by Google

füglich mit der allgemein herrschenden Annahme von der mit der Höhe zunehmenden Trockenheit der Luft verträglich sey, welche Schwierigkeit jedoch bereits oben erörtert ist[1]. Zugleich aber muſs in dieser Beziehung wohl berücksichtigt werden, daſs die Beobachter auf hohen Bergen in ihren Registern häufig Nebel notiren, wenn sie in Wolken eingehüllt sind, und die Zahl der Nebeltage würde also sehr verschieden ausfallen, wenn der Unterschied zwischen beiden streng beobachtet würde.

Bei der Betrachtung der in den meteorologischen Registern aufgezeichneten Nebeltage ist es mir sehr aufgefallen, daſs die Menge derselben nicht etwa an verschiedenen Orten, sondern in verschiedenen Jahren so auſserordentlich ungleich ist und mehr von einander abweicht, als es sonst in Beziehung auf die Hydrometeore der Fall zu seyn pflegt, die sich so ziemlich alle Jahre im Mittel ausgleichen. Ob in dieser Beziehung, eben wie bei den Regenmengen, gewisse periodische Wechsel statt finden, ist in diesem Augenblicke schwer auszumitteln, weil die meteorologischen Register weder stets noch ohne Unterbrechung die Angaben der Nebeltage seit hinlänglich langer Zeit enthalten. Eine Menge Aufzeichnungen geschehen auſserdem zu bestimmten Stunden des Tages und können daher nur die Angaben eines vorhandenen Nebels enthalten, wenn seine Anwesenheit gerade in dieser Zeit statt fand. Endlich hängt die Bestimmung, ob Nebel vorhanden war, sehr von der Ansicht des Beobachters ab, je nachdem er die geringern oder stärkeren, die höheren oder niedrigern Trübungen der Atmosphäre als eigentlichen Nebel betrachtet. Bei den Engländern kommt noch obendrein der Unterschied zwischen dem leichten, trübenden Dunste (*haze*) und dem eigentlichen Nebel (*fog*) sehr in Betrachtung und selbst bei den Carlsruher Beobachtungen wird zwischen Nebel und Dunst unterschieden. Die meteorologischen Register geben daher nur eine unsichere Grundlage allgemeiner Bestimmungen, indeſs will ich dennoch der Vollständigkeit wegen die folgenden tabellarischen Uebersichten mittheilen.

1) In Genf waren während der letzten 10 Jahre von 1820 bis 1829 folgende Nebeltage[2].

---

1 S. Art. *Atmosphäre* Bd. I. S. 469.

2 Aus der Biblioth. universelle.

Digitized by Google

1800	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Jan.	0	10	0	16	0	2	3	3	11	9
Febr.	4	5	0	0	0	0	10	1	4	7
März	1	0	0	0	0	0	1	1	1	5
April	1	0	0	0	0	0	1	0	0	4
Mai	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Juni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juli	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Aug.	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0
Sept.	1	2	0	2	0	0	0	0	1	1
Oct.	6	0	2	0	5	5	6	5	3	22
Nov.	3	8	6	5	0	0	0	5	12	7
Dec.	3	8	0	0	3	2	5	1	10	0
Sma.	19	38	9	23	8	11	26	16	42	55

2) Diese Beobachtungen werden am besten mit denen verglichen, welche auf dem Hospitium des St. Bernhard angestellt worden sind[1] und die mit der lothrechten Höhe über der Meeresfläche zunehmende Menge der Nebel, wozu auch die tiefer herabsinkenden Wolken gehören, deutlich beurkunden.

1800	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Jan.	10	9	10	12	10	8	4	10	3	3
Febr.	9	1	5	8	9	6	7	3	9	5
März	10	8	5	13	10	12	3	8	14	3
April	5	8	13	13	8	10	8	15	7	15
Mai	13	12	6	10	14	13	10	11	13	9
Juni	10	12	3	0	15	12	1	8	6	7
Juli	13	9	7	11	6	7	12	3	8	7
Aug.	8	9	11	10	12	8	6	12	5	9
Sept.	17	12	9	0	10	12	8	11	9	12
Oct.	15	11	12	11	11	10	11	20	9	10
Nov.	4	4	7	4	6	13	14	9	3	7
Dec.	10	6	11	8	9	11	9	4	5	4
Sum.	124	101	99	100	120	122	93	114	91	91

3) Die nachfolgenden, in Paris angestellten Beobachtungen reihe ich zunächst hier an[2]; weil ich aber die vom Jahre 1827 nicht finden konnte, so habe ich mit denen vom Jahre

---

1 Ebendaselbst.

2 Aus Annales de Chimie et Physique.

1819 den Anfang gemacht und jene dagegen weggelaſsen, um auch für dieſen Ort zehnjährige Angaben mitzutheilen.

1800	19	20	21	22	23	24	25	26	28	29
Jan.	7	15	19	16	18	20	21	6	1	3
Febr.	3	14	19	12	7	21	15	2	0	2
März	3	4	6	4	5	13	8	0	2	1
April	0	0	3	1	0	8	0	0	0	0
Mai	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0
Juni	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Juli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aug.	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Sept.	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
Oct.	0	2	1	3	10	1	6	0	1	2
Nov.	9	13	5	11	19	8	13	6	3	2
Dec.	14	15	5	23	13	15	20	5	11	3
Sum.	37	63	59	71	72	89	85	21	18	13

4) Die Londoner Beobachtungen, welche in der folgenden Tabelle enthalten sind, werden in den Gemächern der Königl. Geſellſchaft angeſtellt und aufgezeichnet[1]. Es iſt dabei zu bemerken, daſs bloſs die Angaben der eigentlichen Nebel (*thick fog*, *fog* und *foggy*), nicht aber der leichten Nebel (*haze*, *hazy*) aufgenommen ſind, deren Zahl den hier angegebenen mindeſtens gleich kommt.

1800	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Jan.	5	6	2	1	8	1	7	8	10	16
Febr.	2	1	3	0	3	4	1	4	3	15
März	0	0	1	1	0	0	0	2	3	8
April	0	0	1	0	0	0	0	4	1	2
Mai	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Juni	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Juli	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Aug.	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
Sept.	0	1	0	0	0	0	1	3	1	4
Oct.	0	1	0	1	2	2	5	8	4	1
Nov.	4	3	4	6	2	3	8	20	2	11
Dec.	1	2	5	0	0	5	9	9	10	11
Sum.	12	14	16	9	15	15	33	59	38	69

1 Aus den einzelnen Jahrgängen der Phil. Trans.

Digitized by Google

5) Die in Carlsruhe angestellten Beobachtungen[1] umfassen im Ganzen 42 Jahre, genügen aber dennoch gewiſs nicht, um eine gewisse Periodicität in der Nebelbildung darauf zu gründen. Es werden darin Nebel und Dunst unterschieden und im Ganzen beträgt die gröſste Menge der Nebeltage in einem Jahre 23, der dunstigen aber 66, die geringste der ersteren 1, der letzteren 4; im Mittel von jenen 11, von diesen 32. Es schien mir hinreichend, nur die nämlichen 10 Jahre, wie in den übrigen Tabellen, aufzunehmen.

Nebel-Tage.

1800	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Jan.	0	5	0	2	5	2	2	0	3	1
Febr.	0	2	1	1	1	1	6	0	0	2
März	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
April	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sept.	0	0	0	2	2	1	0	0	1	0
Oct.	2	5	2	3	4	3	9	5	1	1
Nov.	1	3	4	11	0	2	2	2	8	3
Dec.	0	8	2	2	0	4	4	3	5	4
Sum.	3	23	9	21	12	13	23	10	20	12

---

1 Mitgetheilt durch H. Dr. Eisenlohr.

Digitized by Google

Dunstige Tage.

1800	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Jan.	7	12	2	7	3	9	6	5	8	2
Febr.	10	6	2	2	4	9	7	4	8	8
März	2	3	1	0	0	2	9	6	3	3
April	0	0	0	0	0	1	0	2	2	1
Mai	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1
Juni	1	2	0	0	0	0	0	3	0	0
Juli	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
Aug.	4	0	0	1	0	0	4	0	2	3
Sept.	0	0	1	2	2	4	3	3	5	3
Oct.	4	1	7	7	6	9	6	7	9	10
Nov.	6	4	4	1	7	9	10	11	9	10
Dec.	8	4	2	3	3	17	12	6	7	12
Sum.	42	33	20	23	25	60	59	48	54	54

6) Ich selbst schreibe (in Heidelberg) dreimal täglich den Stand der meteorologischen Werkzeuge auf und bemerke die dann stattfindende Witterung. Es folgt also nicht, daſs sich alle Nebeltage in diesen Verzeichnissen finden, aber gewiſs die meisten, und so theile ich die folgende Uebersicht derselben mit.

1800	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Jan.	0	3	1	1	4	1	5	0	4	1
Febr.	1	8	1	0	2	1	6	0	0	0
März	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
April	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mai	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Juni	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Juli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aug.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sept.	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0
Oct.	2	3	6	4	2	3	7	8	3	2
Nov.	3	1	4	11	1	3	3	2	5	2
Dec.	3	5	3	2	2	8	6	5	3	2
Sum.	12	21	15	19	13	16	28	16	16	8

Digitized by Google

Es ist bereits oben geſagt worden, daſs die Nebel zwar unter höheren Breiten häufiger sind, jenſeit des Polarkreiſes jedoch wieder ſeltener werden; mindeſtens aber finden ſie in der Regel daſelbst nur in den Sommermonaten ſtatt und während des Winters ist die Kälte zu ſtark, als daſs die Luft überall einen beträchtlichen Antheil von Waſſerdampf enthalten könnte. Es ſcheint mir dieſes hauptſächlich aus den genauen Angaben der neueſten Reiſebeſchreibungen hervorzugehen, die wir dem wiſſenſchaftlichen Forſchungsgeiſte der Britten verdanken. Parry[1] nämlich zählte während ſeiner Fahrt vom etwa 60ſten Grade N. B. bis Port Bowen unter 73°,25 N. B. im Juni 1824 nur 5 Nebeltage, im Juli 16, im Auguſt 23, im September 1, und von da an bis einſchlieſslich im Mai 1825 nicht einen einzigen mehr; allein es war zugleich das Maximum der Temperatur nicht mehr als 34° F. am 29ſten Auguſt und das Minimum — 47°,5 F. (— 44,2 C.) am 2ten März. Unter noch höheren Breiten ſcheinen die Nebel zunehmend ſeltener zu werden, und wenn ſie ſich auch zeigen, auf allen Fall nicht anhaltend zu ſeyn, denn in Parry's zweiter Entdeckungsreiſe und in den meteorologiſchen Berichten über den Aufenthalt auf der Inſel Melville unter 74°,75 N. B. findet man überall kaum oder höchſt ſelten das Erſcheinen eines Nebels erwähnt, von 81° N. B. an ſind ſie ſelbst auf dem Meere nicht häufig und in der Nähe von Spitzbergen mindeſtens nicht anhaltend, wenn ſie gleich für kürzere Dauer häufiger, aber im Sommer meiſtens bei Nacht zum Vorſchein kommen. Uebrigens ist das Klima in der Umgebung von Spitzbergen ungleich gelinder, als deſſen hohe nördliche Lage erwarten läſst, weswegen auch die Hydrometeore dort weit ſtärker und zahlreicher ſind, als an der Nordküste America's. Die Nebel werden daher dort häufig über dem Meere nahe an der Küste erzeugt, wenn es auf Spitzbergen ſelbst heiteres Wetter ist[2].

Die den Nebel bildende Feuchtigkeit beſteht an ſich aus reinem, durch den gewöhnlichen Proceſs der atmoſphäriſchen Verdunſtung emporgehobenem Waſſer und kann daher als ſol-

1 Journal of a third Voyage for the discovery of a north-west passage cet. Lond. 1826. 4.

2 Account of an attempt to reach the North-pole cet. Lond. 1828. 4. pp. 56, 67 u. 138.

che weder einen Geruch, noch auch einen nachtheiligen Einfluſs auf die Gesundheit haben. In Beziehung auf das Letztere findet man nicht, daſs Krankheiten mit der Vermehrung der Nebel zunehmen oder daſs sie gar dadurch erzeugt werden, ja man will auch selbst unter den Truppen, welche eine längere Zeit in den stets nebligen Gegenden am See Erie standen, keine Zunahme von Krankheiten oder Vermehrung der Sterblichkeit wahrgenommen haben. An sich sind also die Nebel der Gesundheit nicht nachtheilig, wohl aber kann dieses der Fall seyn, in sofern die mit ihnen zugleich bestehende Feuchtigkeit der Atmosphäre die Hautausdünstung hindert oder die Wärme des Körpers zu sehr ableitet, weswegen es räthlich ist, sich gegen diesen Einfluſs durch warme Kleidung und solche Mittel zu verwahren, welche die Transpiration befördern. Auf gleiche Weise kann die den Nebel bildende Feuchtigkeit die Geruchsorgane nicht afficiren, allein viele riechbare Substanzen verbinden sich leicht mit der atmosphärischen Feuchtigkeit, worauf die Erklärung des Phänomens beruht, daſs verschiedene Blumen erst in der feuchteren Abend- und Nachtluft zu duften beginnen, desgleichen daſs man den Regen durch den Geruch wahrnehmen kann, weil mit dem Dampfe zugleich riechbare Substanzen von dem befeuchteten Erdboden aufsteigen, und so wird es dann leicht begreiflich, wie manche Nebel, insbesondere wenn sie sich nach anhaltender Dürre einstellen, entweder durch die unmittelbar bei ihrer Bildung mit aufsteigenden verunreinigenden Substanzen riechbar werden, oder durch solche, die aus entfernten Gegenden zugleich mit der Luft herbeiströmen. In den meisten Fällen sind jedoch die eigentlichen stinkenden Nebel trocken, oder wenn die gewöhnlichen, anscheinend und im Ganzen feuchten, einen stärkeren Geruch haben, so läſst sich annehmen, daſs sie mit jenen trocknen oder mit örtlich vorhandenen Substanzen verunreinigt sind, wie denn namentlich in den Städten die gewöhnlichen stärkeren Nebel häufig einen merklichen Geruch verbreiten[1].

B. Nichtfeuchte, trockne Nebel.

Die bisher beschriebenen Nebel verdienen nicht bloſs die Bezeichnung *feucht* mit vollem Rechte, sondern diese drückt

1 Ueber gefrierende Nebel s. Art. *Reif*.

Digitized by Google

auch ihr eigentliches Wesen aus, insofern sie bloſs aus Wasserdunst bestehen. Letzterer kann dicker und dünner seyn und daher die Luft ungleich stark trüben, allein die hierdurch erzeugte Finsterniſs hat ihre Grenzen; denn wenn die Dunstbläschen in zu groſser Menge und von übermäſsiger Dichtigkeit vorhanden sind, so vereinigen sie sich zu Wassertropfen, wie denn auch wirklich starke Nebel nicht selten verursachen, daſs von den Dächern und Baumzweigen, ohne eigentlichen Regen, Tropfen herabfallen. Es läſst sich daher allerdings behaupten, daſs die Luft an Durchsichtigkeit gewinnen muſs, wenn die als hohle Bläschen angenommenen Elemente des Nebels zum Theil in massive Wasserkügelchen übergehen, und auſserdem ist noch zu berücksichtigen, daſs die auſserordentlich dichten Nebel hauptsächlich oder einzig über groſsen Städten beobachtet werden, wo ihre Dichtigkeit den Beschreibungen nach einen wahrhaft unglaublich hohen Grad erreicht. Ohne Zweifel bestehen diese allerdings hauptsächlich aus den beschriebenen feuchten Nebeln, aber es scheint mir in einem hohen Grade glaubhaft, daſs sie zugleich mit anderweitigen dunstförmigen, aber trocknen, Substanzen gemengt sind, eine Ansicht, welche auch van Mons[1] von denselben hegt. Von dieser Art sind die dicken Nebel in London, welche nicht selten die Luft so verfinstern, daſs den ganzen Tag hindurch in den Kaufläden und Werkstätten Licht gebrannt wird und die sonst so hellen Straſsenlaternen nicht so viel Helligkeit verbreiten, als erforderlich ist, um die Kutscher gegen das Verirren in den Straſsen zu sichern, wobei also das Gegeneinanderfahren der Wagen und das Zusammenstoſsen der Fuſsgänger als das geringere Uebel erscheinen muſs[2]. Unter andern herrschte daselbst ein solcher am 16. Januar 1826, während es in der Umgegend völlig heiteres Wetter war. Eben dieses ereignete sich nach Defrance[3] zu Paris, wo am 12ten Nov. 1797 ein so dicker Nebel entstand, daſs man die Straſsen nicht finden konnte, die Kutscher nicht wuſsten, wohin sie fahren sollten, und das Licht der Laternen nur in groſser Nähe gesehen wurde, ungeachtet in einiger Entfer-

1 Kastner Archiv XII. 427.

2 Thom. Forster Untersuchung über die Wolken u. s. w. 2te Aufl. Leipz. 1819. S. 13.

3 Ann. de Chim. et Phys. XXXIII. 414.

nung von der Stadt gar kein Nebel herrschte. Fourcroy[1] will bemerkt haben, daſs der Nebel sich in Gestalt gekräuselter Locken, wie Korkzieher geformt, herabgesenkt habe, und Defrance meint, der viele Rauch der Schornsteine und sonstige Ausdünstungen seyen durch herabwärtsgehende Luftströmungen niederwärts getrieben worden, wie man zuweilen auf dem Lande den Rauch herabsinken sieht, welche Erklärung jedoch Arago verwirft, weil oft binnen weniger Minuten Nebel entstehen und bei völliger Windstille keine Spur davon vorhanden ist. Allein wenn über einer Stadt erkaltete Luft ruht, so kann der von dem erwärmten Boden aufsteigende Wasserdampf leicht zu Nebel verdichtet werden, welcher durch den vielen Rauch allerdings eine groſse Undurchsichtigkeit anzunehmen vermag, da die weit geringere Menge des letzteren auch über kleineren Ortschaften auf dem Lande in kurzer Zeit eine bedeutende Trübung verursacht. Je feuchter dann die Luft und je gröſser die Menge des aufsteigenden Rauches ist, um so dichter muſs der entstehende *gemischte* Nebel werden, der sich eben deswegen über groſsen Städten und namentlich über Amsterdam so oft und von solcher Dichtigkeit zeigt, daſs Fuſsgänger und Wagen in die Canäle gedrängt werden oder sich dahin verirren. In Wien beobachtete Scholz[2] einen am Abende so stark sich verdichtenden Nebel, daſs man die an sich hellen Straſsenlaternen erst wahrnahm, wenn man dicht bei ihnen war, ja der Kutscher eines Fiakers stieg ab, um den Weg nicht zu verfehlen, und dennoch muſste die Schildwache seine Pferde in das Burgthor führen, weil sie gegen die aufgestellten Gewehre rannten. In kleinern Städten und in Dörfern kommen so dicke Nebel selten oder niemals vor, nicht ungewöhnlich sind aber auch dort, wie in den groſsen Städten, dickere und zugleich übelriechende Nebel, und da der reine Wasserdunst die Geruchsnerven nicht afficiren kann, so muſs diese Eigenschaft von beigemischten Substanzen herrühren, welche allerdings an sich trocken seyn können, ohne daſs sich jedoch ihre eigenthümlichen Bestandtheile und deren Beschaffenheit genau angeben lassen; im Allgemeinen sind es solche, die durch das Verbrennen oder die Zersetzung vielfacher Stoffe erzeugt werden.

1 Journ. de la Soc. des Pharmaciens de Paris. An. VI, VII et VIII. p. 303.

2 G. LV. 474.

Digitized by Google

Ein der Gesundheit schädlicher Einfluſs auch dieser Nebel, welche nur kurze Zeit anhalten, gehört auf allen Fall unter die Seltenheiten, wenn er anders überhaupt nachgewiesen werden kann; inzwischen redet Musschenbroek[1] von dem im Jahre 1733 aus Polen hergekommenen, durch einen Theil von Deutschland verbreiteten und bis nach Holland vorgedrungenen Nebel, welcher Peripneumonieen und gefährliche Husten erzeugte. In England soll zu Zeiten ein bläulicher Nebel sich des Morgens auf Feldern und Viehweiden zeigen, welcher in den meisten Fällen zwar unschädlich ist, zuweilen aber gefährliche Krankheiten unter dem Hornvieh erzeugt. Rees[2] beruft sich bei seiner Angabe hierüber zugleich auf Dr. Winklar[3], welcher eine ähnliche Erscheinung von Italien berichtet. Ich kenne jedoch keine neueren genauen Beobachtungen hierüber und die mitgetheilten sind zu oberflächlich, als daſs sich eine Prüfung und Erklärung der Thatsache darauf gründen lieſse. Es ist ferner eine sehr allgemein herrschende Meinung, daſs eigenthümliche schädliche Nebel in den Monaten Juni und Juli den sogenannten Brand des Getreides oder das Mutterkorn erzeugen[4], allein man darf wohl mit Recht annehmen, daſs diese Entartung der Fruchtkörner die Folge einer allgemein herrschenden nachtheiligen, hauptsächlich allzufeuchten, Witterung ist.

Auſser den zuletzt beschriebenen, mindestens zum gröſsten Theile feuchten, Nebeln giebt es jedoch entschieden auch solche, die nicht aus Dunstbläschen, sondern aus höchst feinen, dem Rauche von verbrannten Substanzen ähnlichen, Partikeln bestehen und gleich diesen in der Luft schweben. Unzählig oft sieht man über gröſseren und kleineren Städten und Dörfern,

1 Introd. §. 1317.

2 Cyclopaedia. Art. *Mist.* T. XXIII.

3 Phil. Trans. N. 145.

4 Encyclop. meth. Part. de Phys. T. I. p. 224. Musschenbroek Int. §. 2318. Die Landbewohner nennen diesen Nebel *nielle*, Honigthau, und glauben, daſs der süſsliche Saft, welcher sich auf manchen Früchten zeigt und Insecten, die sogenannten Blattläuse, herbeilockt, aus der Luft herabgefallen sey. Es ist jedoch erwiesen, daſs derselbe aus den Pflanzen in Folge ihres krankhaften Zustandes quillt. S. Leche in Schwed. Abh. XXIV. 89. Ehrhart Beiträge zur Naturkunde. Hann. 1792. Vergl. Lampadius Atmosphärologie S. 122. Die Nebel schaden überhaupt den Früchten, hauptsächlich während der Blüthe.

insbesondere am Abend, eine solche dunkle Nebelschicht aufsteigen, welche bei gröſseren Städten dichter und anhaltender ist und namentlich über London auch unter den allergünstigsten Bedingungen niemals ganz fehlt. Daſs diese Nebel insgesammt aus Rauche und verdampften oder verflüchtigten, gröſstentheils trocknen, Substanzen bestehen, unterliegt keinem Zweifel. Wenn die gewöhnlichen feuchten Nebel in gröſseren Höhen schweben, so verdunkeln sie das Bild der Sonne ihrer Dichtigkeit proportional bis zur gänzlichen Unsichtbarkeit desselben; es giebt jedoch auch Nebel von ungleicher Dichtigkeit, durch welche das Sonnenbild zwar gleichfalls mehr oder weniger hell glänzend, zugleich aber matt oder bläulich-weiſs, insbesondere aber bräunlich roth erscheint. Man nennt diesen Nebel, welcher bald kürzere, bald längere Zeit anhält und sich ungleich seltener zeigt, **Höhrauch, Höhenrauch, Heerrauch, Haarrauch, Landrauch, Sonnenrauch, Heiderauch**, am besten **trocknen Nebel**; Brouillard sec; *Dry fog*, und ist über dessen Ursprung und Bestandtheile noch keineswegs allgemein einverstanden, obgleich beides in einigen beobachteten Fällen keinem Zweifel unterliegt. Zur Begründung einer genügenden Erklärung wird es daher am besten seyn, zuvor die vorzüglichsten Thatsachen zusammenzustellen.

Theophanes und mehrere alte Schriftsteller reden von einem solchen allgemein verbreiteten und die Sonne verdunkelnden röthlichen Nebel, welcher 526 im 7ten Jahre der Regierung Justinian's beobachtet wurde. Ohne Zweifel enthalten die Chroniken auſserdem verschiedene, bis jetzt noch nicht allgemein bekannt gewordene, Beobachtungen dieses Phänomens, denn die bekannte nächstfolgende ist vom Jahre 1721, in welchem ein starker Höhrauch am 1sten Juni in Paris, in der Auvergne, zu Mailand u. s. w. die Aufmerksamkeit des Publicums erregte[1]; weit weniger war dieses im Jahre 1729 der Fall[2], stärker dagegen war der im Jahre 1764, welcher gleichfalls hauptsächlich in Frankreich beobachtet wurde[3]. Am mei-

1 Hist. de l'Acad. 1721. p. 32. Encyclop. meth. Part. de Phys. T. 1. p. 226.

2 Hist. de l'Acad. 1729. p. 3.

3 La Lande in Journ. de Par. 1783.

Digitized by Google

ſten Aufſehen erregte jedoch der berühmte Höhrauch im Jahre 1783. Dieſer zeigte ſich am früheſten, nämlich am 24ſten Mai nach vorausgegangenem heiterem Wetter in Copenhagen, dann am 6ten und 7ten Juni in Rochelle, worauf er wieder verſchwand, bis er am 18ten Juni meiſtens nach vorausgegangenen Gewittern und kalten Winden ſehr allgemein und von bedeutender Dicke zum Vorſchein kam. Am 19ten Juni beobachtete man ihn zuerſt in Franeker, am 22ſten in Spydberga, am 23ſten auf dem St. Gotthard und in Ofen, am 24ſten in Stockholm, am 25ſten in Moscau und gegen das Ende des Monates in Syrien. Derſelbe verbreitete ſich alſo über Norwegen, Schweden und Rufsland, bedeckte das Meer zwiſchen Norwegen und Holland, war über England eben ſo dick als über dem europäiſchen Continente, erſtreckte ſich bis 50 Meilen vom Lande ab über den atlantiſchen Ocean, zeigte ſich mehr und minder anhaltend über Frankreich, Deutſchland, Italien, dem adriatiſchen und mittelländiſchen Meere und dehnte ſich bis über einen Theil von Aſien und Africa aus. In der Regel war er gleichmäſsig dicht und ſchien in ziemlich gleicher Höhe über der Erde zu ſchweben, insbeſondere in denjenigen Gegenden, wo zugleich eine auſserordentliche Dürre herrſchte, an einigen Tagen erhob er ſich jedoch, namentlich auf dem St. Gotthard, dem Salève, dem Ventoux und den Alpen der Dauphiné bis zu 6000, ja 10000 F. Höhe, an andern dagegen ſenkte er ſich ſo tief herab, daſs die Spitzen jener Berge über ihn hervorragten, in den meiſten Gegenden aber ſchien er ſich von oben herabzuſenken. Seine Dicke nahm im Ganzen vom 18ten Juni an zu, ſchien im Anfange des Monats Juli an einigen Orten abzunehmen, ſo daſs man glaubte, er werde verſchwinden, jedoch dauerte er mit wiederkehrender Stärke bis ans Ende desſelben, zeigte ſich in geringerem Maſse an verſchiedenen Orten noch zuweilen im Auguſt, in Kopenhagen aber dauerte er dieſen ganzen Monat und verſchwand allmälig bis zum gänzlichen Aufhören am 26ſten September. Gleichzeitig herrſchte faſt überall Windſtille oder ein ſchwacher Nordwind, jedoch waren die an einzelnen Orten zum Ausbruche kommenden Gewitter und die ſie begleitenden Stürme nicht vermögend, ihn gänzlich zu zerſtreuen, wenn ſie ihn gleich etwas verminderten, wie denn namentlich dieſes bei dem heftigen Regen zu Franeker am 20ſten Juni der Fall war. Sein Verſchwinden erfolgte an den verſchiedenen Orten unter

sehr ungleichen Umständen; an vielen war es mit Gewittern verbunden oder ging diesen voraus, z. B. in Paris nach einem schweren Gewitter am 21sten Juli, in Narbonne dagegen nach einem vom 24sten bis 26sten Juli anhaltenden Nordwinde; in Havre de Grace war er am 31sten Juli noch ungewöhnlich stark, verschwand aber nach dem Aufgange der Sonne[1].

Eben so verschieden waren die ihn begleitenden Erscheinungen. An den meisten Orten herrschte eine unglaubliche Dürre und groſse Wärme, weswegen auch der Wein so vorzüglich gerieth, und manche Gegner der eben in Anwendung gekommenen Blitzableiter glaubten, diese verhinderten die Bildung der Gewitter. Das Unzuverlässige einer solchen auf einseitig aufgefaſste Thatsachen gegründeten Vermuthung zeigte sich jedoch durch die starken Gewitter an andern Orten, namentlich das sehr anhaltende in Genf am 12ten und 13ten Juli, die gleich heftigen in Vicenza, Padua, Neapel u. s. w., deren durch Toaldo Erwähnung geschieht, welcher diesemnach glaubte, der Sommer sey durch viele und oft einschlagende Gewitter ausgezeichnet gewesen. Auch zu Kremnitz in Ungarn, zu Bezières und an verschiedenen andern Orten waren die Gewitter ungemein zahlreich und heftig. Allgemein war die Luft sehr verdunkelt und man konnte mit bloſsen Augen die Sonne betrachten, die ein bräunlich rothes, am Morgen und Abende tief braunrothes oder blutrothes, zuweilen jedoch ein gelbes oder blaſs-weiſsliches Ansehen hatte. Der Nebel zeigte durchaus keine Feuchtigkeit, vielmehr gaben die Hygrometer groſse Trockenheit an und das Verdunsten des Wassers der Salzsoolen erfolgte nach Lamanon schneller als gewöhnlich; meistens verbreitete derselbe einen Geruch, welcher schwefelig genannt wird, gab an einigen Orten dem Wasser des Thaues einen unangenehmen Geschmack und machte es nachtheilig für die Pflanzen, so daſs namentlich in Narbonne die Wein- und Olivenblätter dadurch verdorrt seyn sollen, wenn dieses anders nicht Folge der herrschenden Dürre war. In Gröningen und Moscau vergilbten gleichfalls die Blätter und Gräser, im Neapolitanischen soll der Nebel den Thau eisenhaltig gemacht haben, des Vasquiers beobachtete aber, daſs er die Farbe der frisch ge-

1 Vergl. Brandes Beiträge zur Witterungskunde. Leipzig 1820. S. 174.

Digitized by Google

färbten Cattune angriff, und schloſs hieraus auf die Anwesenheit von schwefeligsaurem Gas, in Gröningen und Friesland endlich wollte man bemerkt haben, daſs er nicht bloſs zum Husten reize, sondern auch das der Luft ausgesetzte Kupfer angreife. Durch alle diese Thatsachen wird man berechtigt, auf die Anwesenheit mineralischer Bestandtheile zu schlieſsen. Als etwas sehr auffallendes wird aber erzählt[1], daſs in der Nacht des 20. Juli zu Bramley in Kent bei einem heftigen Gewitter der Blitz den Nebel entzündet habe, welcher dann nach dem Aufhören des Donners mit einem hellen und weiſsen Lichte, jedoch ohne alles Geräusch, so stark leuchtete, daſs man dabei lesen konnte, ein Phänomen, welches ich der durch den Dunst unvollkommen abgeleiteten Elektricität beizulegen geneigt bin.

Im Ganzen war das Phänomen so auffallend und erregte so sehr die Aufmerksamkeit aller Beobachter, daſs sogleich eine Menge Beschreibungen desselben in den verschiedensten Ländern erschienen, unter andern von Cotte[2], Senebier[3], Bertholon[4], d'Escalle[5], Mourgue de Montredon[6], Toaldo[7], Torcia[8], La Lande[9], Lamanon[10], Baker[11], Franklin[12], Beroldingen[13], Christ[14], Wiedeburg[15], Melanderhielm[16], Holm[17], Brugmanns[18], und

---

1 Neue Schr. der Berl. naturf. Freunde. Bd. III. S. 141.

2 Journ. de Phys. XXIII. p. 201.

3 Ebend. XXIV. Mai und Journ. de Par. 1783.

4 Electricité des météores. T. II. p. 128. Vergl. Encyclop. meth. Part. Phys. T. I. p. 232.

5 Journ. de Phys. T. XXIV. p. 18.

6 Mém. de l'Acad. pour 1781. p. 754.

7 Journ. de Phys. XXIV. p. 3. Mannh. Ephem. 1783.

8 Deutscher Mercur. 1784. Apr.

9 Journ. de Par. 1784.

10 Phil. Mag. T. V. p. 80.

11 Phil. Trans. 1784. p. 283.

12 Manch. Mem. T. II.

13 Gedanken über den so lange anhaltenden Nebel. Von F. v. B. Braunschw. 1783.

14 Von der merkwürdigen Witterung des Jahres 1783.

15 Ueber Erdbeben und Nebel. Jena 1784.

16 Neue Schwed. Abh. Th. V.

17 Vom Erdbeben auf Island im Jahr 1783 durch S. M. Holm. A. d. Dän. Copenh. 1784.

18 In einer eignen Schrift, die ich nicht erhalten konnte.

Digitized by Google

insbesondere, was sich in den Mannheimer Ephemeriden dieses Jahres[1] hauptsächlich von van Swinden, Toaldo, Hemmer, König u. a. findet, die vielen Nachrichten in öffentlichen Blättern nicht gerechnet[2].

Auch nach diesem sehr auffallenden und ganz ungewöhnlichen Höhrauche hat man ähnliche Phänomene von weit geringerer Ausdehnung zuweilen und alle einzelne Fälle mit gerechnet im Ganzen ziemlich häufig beobachtet. Der Aehnlichkeit wegen muſs hierzu gerechnet werden der dicke schwarze Nebel, welcher im Jahre 1819 sich über mehrern Gegenden von Nordamerica, am stärksten am 23sten Nov. zu Montreal in Canada zeigte. Am Morgen fiel während seiner Dauer ein wie Tinte schwarz gefärbter Regen, worauf er verschwand und heiteren Himmel zurücklieſs, bis zum 25sten, als er um Mittag so dick wurde, daſs man Licht anzünden muſste. Die Nachricht, daſs man zugleich einen schwachen Erdstoſs verspürt habe, ist nach Wahrscheinlichkeitsgründen sehr zweifelhaft, weil viele bei jeder ungewöhnlichen Erscheinung sogleich Erdbeben vermuthen, gewiſs aber ist, daſs um 3 Uhr Nachmittags ein Gewitter mit starkem, schwarzem Regen eintrat, worauf der Nebel verschwand[3]. Ein merkwürdiger trockner Nebel zeigte sich am 18ten August 1821 über England, wo er in der Richtung von N. nach S. zog. Am Morgen dieses Tages beobachtete man ihn in Essex und London und konnte die Sonne mit bloſsen Augen anblicken, die zugleich so weiſs und seidenartig erschien, daſs die Landleute sie für einen Luftballon hielten. Am Abend desselben Tages sah man ihn zu Paris und schon am 19ten zu Viviers, wo er dem von 1783 sehr ähnlich zu seyn schien und erst am 30sten gänzlich verschwand[4]. Nach Barrow[5] erscheint die Insel Madeira fast unausgesetzt in eine dicke schwarze Wolke gehüllt, welche um Mittag wie ein lockeres Vlies über den Gipfeln der Berge schwebt, gegen Abend sich tiefer herabsenkt und während der Nacht Stadt und Gegend zu bedecken scheint.

---

1 Ephemerides Soc. met. Palat. Mannh. 1785.

2 Lausitzer Provinzialblätter. Görlitz 1783. Th. V. Deutscher Mercur. 1783. Oct. Hübner's phys. Tagebuch. Bd. I. S. 1. u. v. a.

3 G. LXVII. 187. 218.

4 Flaugergues in Ann. de Chim. et Ph. XVIII. 419. XXI. 411.

5 Reisen. Uebers. von Ehrmann. Weim. 1808.

Van Mons[1] erzählt mehrere Fälle des Erscheinens trockner und übel riechender Nebel. Viele herrschten nach ihm von 1754 bis 1766, welche man jedoch den damaligen häufigen Waldbränden zuschrieb. Auch im Juni 1782 wurde ein solcher in Holland und hauptsächlich im Haag beobachtet, spätere waren 1820 in Holland und zugleich in Hamburg, im Jahre 1822 zu Paris, Straſsburg und Laon, 1823 in Holland und Kopenhagen, stärker aber war der von 1825, welcher in Holland vom 11ten bis 16ten Juni abwechselnd, zuweilen sehr stark und übelriechend erschien und wieder verschwand, ja sogar im Juli auf drei Tage wiederkehrte, im Monat December noch einmal zum Vorschein kam und mit Unterbrechungen einen ganzen Monat dauerte. Auch im Jahre 1826 zeigte sich in den Niederlanden Höhrauch, welcher zu Gotha ungefähr gleichzeitig beobachtet wurde[2] und in Belgien in den Monaten Juni und Juli abwechselnd wiederkehrte.

Unter den Beobachtungen minder allgemein verbreiteten Höhrauches theile ich hauptsächlich nur die in Deutschland gemachten mit, und es verdient überhaupt beachtet zu werden, daſs sich dieses Phänomen am häufigsten in den Niederlanden und an der Nordküste Frankreichs, im nördlichen Deutschlande, seltener in England, noch seltener im südlichen Europa zeigt, vom östlichen Europa aber, mit Ausnahme des einzigen Falles im Jahre 1783, und von Asien und America ist, den erwähnten schwarzen Nebel abgerechnet, mir gar keine Beobachtung bekannt geworden. Am 25sten und in gröſserer Stärke am 27sten und 28sten Mai 1824 beobachtete Hohnbaum[3] einen starken Höhrauch, welcher nahe und entfernte Gegenstände verdunkelte und einen eigenthümlichen, dem Steinkohlendampfe ähnlichen, Geruch verbreitete. Derselbe kam mit N. W. Winde, bei heiterem, aber kaltem Wetter, verdunkelte die Sonne und nahm an Dichtigkeit so zu, daſs die Feuerpolizei Untersuchungen wegen eines Brandes anstellte. Auch in Erlangen und der Umgegend wurde am 27sten, noch mehr aber am 28sten und 29sten gleichfalls kenntlicher Höhrauch wahrgenommen, insbesondere aber hat von Hoff die kürzer dauernden Erscheinungen desselben

1 Kastner Archiv für die gesammte Naturl. Th. XIII. S. 427. Th. XIV. S. 55.

2 Ebend. Th. XI. S. 438.

3 Ebend. Th. II. S. 432.

Digitized by Google

in den letzteren Jahren beachtet und öffentlich bekannt gemacht. Ich selbst erinnere mich, obschon aus früher Kindheit, dennoch sehr deutlich an den dicken, gelbbraunen Höhrauch von 1783, den bleichen, röthlichen Schein der Sonne, die man wie eine bloſs helle Scheibe stundenlang ohne Nachtheil mit freien Augen betrachten konnte, an die unglaubliche Dürre und die allgemeine Verwunderung, welche das seltsame Phänomen insbesondere durch seine lange Dauer erregte. Seitdem habe ich mitunter einzelne, mit jener durchaus nicht vergleichbare Erscheinungen trockner Nebel wahrgenommen, bei weitem häufiger jedoch im nördlichen Deutschlande zu Hannover, als im südlichen zu Heidelberg, die jedoch selten einen ganzen Tag dauerten und wobei der trübende Dunst bei weitem dünner war, als bei jenem ausgezeichneten Phänomene. Den Geruch desselben, worüber ich aus jener früheren Zeit gar keine Erinnerung mehr habe, so lebhaft mir auch der Anblick noch jetzt vorschwebt, kann ich nicht anders als etwas scharf, dem des Rauches über groſsen Städten und dem durch verbrannte Steinkohlen oder Braunkohlen erzeugten ähnlich, finden.

Die Meinungen über den Ursprung und die Bestandtheile des Höhrauchs sind verschieden, kommen jedoch im Wesentlichen auf folgende drei Theorieen zurück.

1) Den schwarzen Nebel von 1819 in Nordamerica war Chladni geneigt für kosmischen Ursprungs und aus solchen fein vertheilten Massen bestehend zu erklären, als welche die Meteorsteine bilden; allein es ist wohl genügend erwiesen, daſs entfernte Waldbrände durch den erzeugten dicken Rauch ihn veranlaſsten[1]. Auch andere sind geneigt, den eigentlichen Höhrauch oder mindestens eine Art desselben für kosmisch, also aus dem Weltraume in der Atmosphäre anlangend, und aus einer den Kometenschweifen und Sternschnuppen ähnlichen Substanz bestehend zu erklären[2], allein diese Hypothese, die sich zwar nicht direct und absolut widerlegen läſst, da die Bestandtheile der Meteorsteine so verschiedenartig, die der Kometenschweife und Sternschnuppen aber völlig unbekannt sind, wird namentlich wegen der langen und anhaltenden Dauer des Höhrauchs im Jahre 1783, woraus eine fortdauernde Erzeugung

1 G. LXVII, 218.
2 Kastner Handbuch d. Meteorol. Th. II. S. 47.

Digitized by Google

desselben fast nothwendig folgen würde, in einem hohen Grade unwahrscheinlich.

2) Nach einer zweiten Meinung soll die Elektricität die Ursache der trocknen Nebel seyn, eine Hypothese, welcher mehrere Physiker, jedoch unter verschiedenen Modificationen, anhängen. In Beziehung auf den Höhrauch von 1783 sagte La Lande im Allgemeinen, die Menge der Elektricität, welche nach einem feuchten Winter durch die groſse Sommerhitze entwickelt worden sey, habe denselben erzeugt; Cotte meint, es seyen mineralische Ausdünstungen, begleitet von elektrischer Materie, in Folge der groſsen Hitze und vielen Erdbeben insbesondere aus den Bergen aufgestiegen; Maret und Castelli lassen Wasserdämpfe mit einer übergroſsen Menge elektrischer Materie aus der Erde sich erheben und verdichtet werden; Bertholon aber giebt sich viele Mühe, seine Erklärung den verschiedenen, mit dem Hauptphänomene zugleich bestehenden, Nebenumständen anzupassen, nämlich daſs eine groſse Quantität elektrischer Materie im Innern der Erde angehäuft gewesen sey, welche bei ihrem plötzlichen Freiwerden die mit ihr aufsteigenden Dünste fortgerissen habe, so daſs also die begleitenden Erdbeben nicht Ursache, sondern gleichzeitig mit bedingte Wirkungen der angehäuften und frei werdenden Elektricität gewesen wären. Im Wesentlichen kommen also diese gesammten Ansichten darin überein, daſs die in der Erde aufgehäufte Elektricität die nicht näher bezeichneten Bestandtheile des Nebels verflüchtigt und in die Höhe gehoben habe; inzwischen ist diese Erklärung eines Theils nicht vollständig, insofern sie die eigentlichen Bestandtheile des Nebels nicht angiebt, andern Theils streitet eine *Anhäufung* der Elektricität in der Erde gegen die wohlbegründete Theorie über das elektrische Fluidum, welches sich eben durch den Uebergang zur Erde wieder ins Gleichgewicht setzt; auch sind keine Thatsachen vorhanden, welche zu dem Schlusse berechtigen, daſs solche Substanzen, welche den Höhrauch bildeten, vorzugsweise und in so ungeheurer Menge durch dasselbe verflüchtigt würden, nicht zu gedenken, daſs nach Hemmer's Beobachtungen die Luftelektricität damals keineswegs vorzüglich stark war, vielmehr die Gewitter an weit mehreren Orten ungewöhnlich fehlten, als in Menge und von bedeutender Stärke sich zeigten.

Auch neuerdings hat man die Elektricität zur Erklärung der

Digitized by Google

drein in so überwiegender Menge plötzlich zum Vorschein kommen, verwandelt werden könnten. Dass der Geruch des Höhrauches dem der freien Elektricität *ähnlich* seyn soll, sagt im Grunde nichts, beide aber einander *ganz gleich* zu nennen, wagen selbst die Anhänger dieser Hypothese nicht und dürfte bei näherer Prüfung auch als unzulässig erscheinen. Nach van Mons besteht der Höhrauch aus Wasserdunst mit freier Elektricität, aber dann müſste derselbe künstlich gebildet werden, wenn eine kräftige Elektrisirmaschine von Nebel umgeben in Thätigkeit gesetzt würde, wobei sich zwar ein starker Geruch nach Elektricität zeigt, aber keine Spur eines trüben Nebels, abgesehen davon, dass der Wasserdunst durch den Beitritt der Elektricität doch unmöglich seine Wesenheit, nämlich den Feuchtigkeitszustand, verlieren kann. Es scheint mir also überflüssig, diese Hypothese weiter zu verfolgen, deren Unzulässigkeit um so deutlicher hervortritt, je mehr man sie im Einzelnen auf das untersuchte Phänomen anwendet.

3) Nach der dritten Hypothese sollen die trocknen Nebel aus dem Rauche und dem Dunste verbrannter oder durch Hitze verflüchtigter Substanzen bestehen, deren Ursprung dann im Einzelnen mit mehr oder weniger Bestimmtheit angegeben wird. Diese Erklärung ist die älteste, auch wenn man die Hypothesen von 1783 unbeachtet läſst, wonach diese und verwandte meteorische Phänomene auf die unbestimmten schwefeligen und alkalischen Dünste zurückgeführt wurden. So leitete Lapi den Nebel im Jahre 1783 vom Erdbeben in Calabrien, Hickmann von denen auf Island ab[1], Toaldo, Spallanzani und Daquin sind der Meinung des ersteren zugethan, obgleich ihnen diese Erklärung wegen des Herabsinkens des Nebels aus der Höhe und wegen seiner weiten Verbreitung einigen Schwierigkeiten zu unterliegen scheint. H. W. Brandes[2] trägt zwar Bedenken, den Höhrauch von 1783 geradezu von dem Erdbeben in Calabrien oder den vulcanischen Ausbrüchen auf Island abzuleiten, meint jedoch, daſs die in dem genannten Sommer so zahlreich stattfindenden Phänomene dieser Art allerdings dazu berechtigen, jenen Dunst für aus der Erde aufgestiegenen vulcanischen zu halten.

---

1 Encyclop. meth. T. I. p. 233.

2 Beiträge zur Witterungskunde u. s. w. S. 179.

Digitized by Google

Wenn es sich um den Urſprung des ausgezeichneten Höhrauches von 1783 und ähnlicher groſsartiger Phänomene handelt, so läſst sich die Hypotheſe, wonach dieſer als Folge der vulcaniſchen Ausbrüche auf Island und des hierdurch erzeugten Rauches angeſehen wird, in einem hohen Grade wahrſcheinlich machen. Die bedeutendſten früheren trocknen Nebel fallen mit ähnlichen vulcaniſchen Kataſtrophen zuſammen, z. B. der von 526 mit dem groſsen Erdbeben in Syrien, der von 1721 mit dem Erdbeben in Tauris und Georgien[1]; Cotte erwähnt aus einer Schrift Bertrand's, daſs das durch das groſse Erdbeben von Liſſabon und den Ausbruch des Katlegiaa auf Island ausgezeichnete Jahr 1755 Höhrauch und ſtinkende Nebel gehabt habe, und im Jahre 1764 rauchte nicht bloſs der Aetna bedeutend ſtark, ſondern noch mehr der furchtbare Catopaxi, welcher lange Zeit die Luft durch ausgeworfene Aſche ſo ſehr verfinſterte, daſs die Bewohner von Hambato und Takunga am 4ten April den ganzen Tag Licht brennen muſsten[2]. Die ſchrecklichſten vulcaniſchen Ausbrüche aber, die geſchichtlich genauer bekannt ſind, ereigneten ſich nicht bloſs in Calabrien, ſondern hauptſächlich auf Island im Jahre 1783, in welchem ſich zugleich der dickſte bekannte Höhrauch einſtellte. Das Ausſtrömen von Rauch begann am Ende des Monats April, erreichte den höchſten Grad in den Monaten Juni, Juli, und endigte im Auguſt[3], alſo gerade gleichzeitig mit jenem Nebel, welcher am 24ſten Mai in Kopenhagen zuerſt erſchien und in den folgenden Monaten ſich meiſtens mit Nord- und Nordoſt-Winden weiter ſüdlich verbreitete; ja es wird ausdrücklich erwähnt[4], daſs die Sonne auf Island, durch den dicken Rauch kaum ſichtbar, ein rothes Anſehn gehabt habe. Auf dieſe Weiſe laſſen ſich dann auch der eigenthümliche Geruch des Höhrauches von 1783, ſeine zum Huſten reizende Schärfe, das Vertilgen der Inſecten auf den Pflanzen in Kent durch einen während ſeiner gröſsten Stärke fallenden Gewitterregen, ſein Einfluſs auf blankes Kupfer und friſch gefärbte Cattune ſehr gut erklären.

Durch alle dieſe übereinſtimmenden Umſtände muſs ſonach

1 Kirwan on the Variations of the Atmosphere. Ch. V. sect. 3

2 v. Humboldt Reis. Ueb. Th. III. S. 3.

3 Vergl. Art. *Vulcane*.

4 In den Mannheimer Ephem. a. a. O.

Digitized by Google

die Hypotheſe, welche die vorzüglich ſtarken trocknen Nebel aus vulcaniſchem Rauche ableitet, überwiegende Wahrſcheinlichkeit gewinnen und zugleich die Vermuthung herbeiführen, daſs die ihnen ähnlichen, minder dichten und kürzere Zeit anhaltenden, welche häufig beobachtet werden, von gleichartigen Verbrennungsproceſſen abzuleiten sind. Namentlich läſst ſich diese Erklärung auf die häufigen vorübergehenden Erſcheinungen des Höhrauches im nördlichen Deutſchlande anwenden, deren einige ganz erwieſen vom ſogenannten Raſenbrennen oder Moorbrennen erzeugt wurden, wie namentlich Finke auf das beſtimmteſte dargethan hat[1]. Auch Rud. Brandes[2] theilt mehrere intereſſante Beiſpiele eines ſolchen Urſprunges mit, von Hoff[3] redet häufig von Höhrauch mit Braunkohlendampfgeruch und Veltmann[4] zeigt durch Zuſammenſtellung gleichzeitiger Beobachtungen, daſs mehrere in der Gegend von Gotha wahrgenommene trockne Nebel, welche dieſen eigenthümlichen Geruch verbreiteten, mit dem in Osnabrück erzeugten Moordampfe ohne Zweifel in urſächlichem Zuſammenhange ſtanden. Van Mons wendet zwar gegen dieſe Erklärung ein, daſs jener Rauch den eigenthümlichen Geruch der trocknen Nebel nicht habe, ſich nur auf wenige Stunden Entfernung verbreite und nicht allezeit erzeugt werde, wenn ſich Höhrauch zeige; allein dieſe Argumente ſind offenbar von keiner groſsen Bedeutung. Was nämlich zuerſt den Geruch betrifft, ſo war dieſer nebſt allen äuſsern Kennzeichen bei dem Höhrauche von 1783 von der Art, daſs man auf ein Product der Verbrennung ſchlieſsen muſste, weswegen auch die Italiener, denen der Geruch des vulcaniſchen Rauches am beſten bekannt iſt, denſelben für ein Erzeug-

---

1 Dieſes Moorbrennen geſchieht vom Monate Mai an und ſpäter unter andern in Oſtfriesland, indem der obere wurzelreiche Raſen abgehauen, aufgehäuft und angezündet wird, um die zu ſtarken und daher nicht vermodernden Pflanzenwurzeln zu zerſtören, den Boden zu erwärmen und zu düngen. S. Naturhiſtoriſche Bemerkungen betr. eine auf vieljährige Beobachtungen ſich ſtützende Beſchreibung des Moordampfes in Weſtphalen u. ſ. w. von L. L. Finke. Hann. 1820. 8. Der Moorrauch in Weſtphalen, ein Beitrag zur Meteorologie u. ſ. w. von L. L. Finke. Lingen 1825. 8. Abhandlung vom Raſenbrennen und dem Moorbrennen von Fr. Arends. Hann. 1826. 8.

2 Archiv des Apotheker-Vereins u. ſ. w. XXII. S. 154.

3 Kaſtner's Archiv. Th. I. Heft 2.

4 Ebend. Th. X. S. 266.

Digitized by Google

niſs der Vulcane hielten, wobei auch Toaldo's Einwurf, daſs er aus der Höhe herabgekommen sey, wegfällt, wenn man ihn von den isländischen und nicht den italienischen Vulcanen ableitet. Daſs übrigens der Geruch des zu einzelnen Zeiten erscheinenden Höhrauches demjenigen sehr gleiche, welcher dem über Städten und selbst Dörfern als Product der Verbrennung entstehenden Rauche eigen ist, hauptsächlich wenn Braunkohlen, Torf oder Steinkohlen daselbst gebrannt werden, ist so ziemlich allgemein anerkannt und von Unbefangenen oft ausgesprochen worden; auch hatte für mich der Anblick der Sonne durch den über London unausgesetzt schwebenden Rauch mit dem, woran ich mich vom Jahre 1783 noch genau erinnere, eine überraschende Aehnlichkeit.

Der zweite Einwurf, daſs nämlich der Moordampf sich nur bis auf wenige Stunden Weges Entfernung verbreite, ist durch genaue Nachweisungen von Finke in so weit genügend widerlegt, als das Fortschreiten desselben, mindestens bis auf 30 deutsche Meilen weit ohne merkliche Abnahme, factisch durch ihn dargethan worden ist[1]. In sehr vielen Fällen läſst sich ohnehin die Verbindung trockner Nebel mit dem Moorbrennen oder sonstigen Erzeugungen eines starken Rauches nachweisen, wie dieses namentlich Günther[2] bei zwei von ihm mitgetheilten Beobachtungen gethan hat, obgleich er dennoch geneigt ist, den Ursprung derselben von elektrischen Wirkungen abzuleiten. Auſserdem ergiebt eine einfache Berechnung, daſs nur mäſsige Luftströmungen von nicht mehr als 12 Fuſs Geschwindigkeit in einer Secunde den Rauch binnen einem einzigen Tage 43, 2 Meilen, also fast 3 Breitengrade weit, fortzuführen vermögen, die Meile hoch zu 24000 Fuſs angenommen, so daſs hiernach also der Rauch von Island nur etwa 10 Tage bedurfte, um an den französischen Küsten anzulangen.

Der dritte Einwurf gegen diese Hypothese endlich kann ohne Schwierigkeit beseitigt werden, nämlich daſs der Höhrauch, namentlich auch im nördlichen Deutschland, beobachtet werde, wenn weder benachbarte Vulcane noch angezündete Moore die Luft mit Rauch erfüllen. Hierauf läſst sich nämlich erwiedern, daſs diese angegebenen Ursachen zwar unter die vorzüglichsten und in gröſserem Maſsstabe wirksamen gehören, wodurch der

1 Naturhistorische Bemerkungen u. s. w. S. 26.
2 Kastner Archiv IX. S. 260.

Digitized by Google

mehr oder minder dichte, oft sehr weit verbreitete und durch einen eigenthümlichen Geruch ausgezeichnete Rauch erzeugt wird, aber keineswegs die einzigen sind; vielmehr geschieht eben dieses durch alle gröſsere, mit Feuer arbeitende Fabrikanlagen und durch viele vereinte kleinere Verbrennungsprocesse, weswegen der nebelartige Rauch über groſsen Städten selten und namentlich über London nie fehlt. Wenn man aber bedenkt, wie weit bei nicht stürmisch zerstreuenden Winden oft der Rauch von einem einzigen Dampfschiffe fortgeführt wird, und die unermeſsliche Menge desselben berücksichtigt, welche namentlich aus den zahllosen Anlagen für Feuerarbeiten in England emporsteigt, wo an vielen Orten ganze Quadratmeilen von einem dicken Rauche überdeckt sind, so gelangt man bald zu der Ueberzeugung, wie leicht solche enorme Massen, ohne gänzlich zerstreut zu werden, bis auf mehr als hundert Meilen fortflieſsen können. Diese Ansicht wurde bei mir hauptsächlich hervorgerufen, als ich in der Nähe von Birmingham von einem einzigen Standpuncte aus 95 hoch hervorragende Kamine zählte, die vielen niedrigen nicht mitgerechnet, aus deren jedem eine schwarze Rauchsäule emporstieg, so daſs alle vereinigt die ganze unübersehbare Fläche mit einer undurchsichtigen Rauchwolke überdeckten, und ich glaube bestimmt, daſs jeder, dem ein solcher Anblick gewährt wird, die über die Entstehung des Höhrauchs aufgestellte Hypothese als richtig anerkennen wird, so daſs wir also diese keinen geheimen, nicht leicht erklärbaren, sondern ganz einfachen, natürlichen und nahe liegenden Ursachen beimessen dürfen.

Aus dieser Hypothese, wonach also der Höhrauch im Allgemeinen von Verbrennungsprocessen abzuleiten ist, indem die groſsartigen Erscheinungen desselben von vulcanischen Ausbrüchen, die meisten geringeren, vorzüglich in einigen nördlich europäischen Küstenländern von dem Moorbrennen in jenen Gegenden hauptsächlich, seltener wohl vom Rauche der colossalen englischen Steinkohlen-Consumtion, andere geringere und seltenere ähnlichen Erzeugungen von Rauch beizumessen sind, lassen sich alle Einzelheiten dieser Phänomene sehr einfach herleiten. Der Geruch des Höhrauches, welcher durch v. Derschau und Jansen[1] ein eigenthümlicher, brenzlich-bituminö-

1 Schweigg. Journ. LII. S. 382.

ser, etwas stechender, einen unangenehmen Eindruck machender und sogar Kopfschmerzen veranlassender genannt wird, stimmt ganz hiermit überein, jedoch ist derselbe in der Grafschaft Mark, wo diese Beobachtungen gemacht wurden, stärker und daher leichter kenntlich, als in südlichern und mehr östlichen Gegenden, weil der Nebel in letzteren durch gröſsere Zerstreuung ungleich schwächer ist. Eben diese gröſsere Seltenheit und geringere Dichtigkeit des Höhrauches im südlichern Deutschland und in der Schweiz, wo man denselben kaum überall oder mindestens höchst selten erwähnt findet, giebt der aufgestellten Hypothese einen neuen Unterstützungsgrund. Der trockne Nebel ist nämlich am häufigsten und dichtesten in jenen Ländern, welche den groſsen Moorgegenden und England am nächsten liegen; er kommt in jene Districte, namentlich in die Grafschaft Mark nie mit Süd- und Ost-Winde, sondern mit nördlichen und nordwestlichen Luftströmungen[1], und zwar am häufigsten im Mai, Juni und Juli, weil dann das Moorbrennen am meisten geschieht, beides aber im Monate August unter die Seltenheiten gehört; er erscheint meistens nach Gewittern, weil dann die Luftschichten aus gröſseren Höhen herabzusinken anfangen, welche zugleich die ihn begleitende Kälte bedingen; er ist aus gleichen Ursachen trocken, erscheint nur bei heiterem Wetter, weil stürmische Luftbewegungen ihn zerstreuen, weicht dem Regen, weil dieser ihn mit sich herabführt, und verschwindet oft plötzlich, wenn die über dem Erdboden erwärmten oder sonstige aufsteigende Luftströme ihn mit sich in die höheren, weiten Regionen führen und durch übermäſsige Verdünnung ganz verschwinden machen.

Bei so vielen und so bestimmt entscheidenden Thatsachen, deren Zahl sich leicht noch vermehren lieſse, scheint es mir nicht angemessen, das Phänomen noch fernerhin als ein räthselhaftes zu betrachten und Hypothesen zu seiner Erklärung aufzusuchen. *M.*

Nebelflecke.

Nebelsterne; *nebulae, stellae nebulosae*; étoiles nebuleuses; *nebulous stars*. Bei der genauen

1 v. Dorschau und Jansen a. a. O.

Digitized by Google

Betrachtung des Himmels bemerkt man theils schon mit bloſsem Auge, noch mehr aber mit Fernröhren, lichte Gegenstände, die sich wie Wölkchen von mehr oder minderem Lichte ausnehmen und die daher Nebel, Nebelflecke genannt worden sind. Als ein solcher Nebel erscheint dem bloſsen Auge der Sternhaufen im Krebse und der im Degengriffe des Perseus; aber bei diesen und mehrern andern zeigt schon die Beobachtung mit schwachen Fernröhren, daſs sie aus einer Menge scheinbar nahe bei einander stehender Sterne zusammengesetzt sind und daher eben so wie das Haar der Berenice, das Siebengestirn u. a. mit allem Rechte Sternhaufen heiſsen sollten. Dagegen giebt es auch Nebelflecke, deren Ansehen für das bloſse Auge ziemlich eben so ist, die aber, selbst mit Hülfe starker Fernröhre, ihr nebeliges Ansehen nicht verlieren, z. B. der schon mit bloſsem Auge sehr gut sichtbare Nebelfleck in der Andromeda. Ueber diese Verschiedenheit haben erst Herschel's Beobachtungen eine etwas genügendere Belehrung gegeben.

Von den frühern Beobachtungen brauche ich nur wenig anzuführen. Simon Marius scheint den Nebelfleck in der Andromeda zuerst bemerkt zu haben, ums Jahr 1614, und noch um das Jahr 1665 war er so wenig bekannt, daſs einige Beobachter ihn für einen Kometen gehalten hatten[1]. Die Praesepe im Krebse und den Sternhaufen im Kopfe des Orion (den Galilei nebulosa Orionis nennt) erkannte Galilei sogleich mit seinen Fernröhren als Sternhaufen[2]. Den merkwürdigen Nebelfleck im Orion entdeckte Huyghens[3]. Den schönen Sternhaufen im Sobieski'schen Schilde entdeckte Kirch. Verzeichnisse mehrerer Nebelflecke und Sternhaufen haben Halley, Messier u. a. gegeben[4]. Auch Bode hat durch viele eigene Beobachtungen diesen Theil der Sternkunde sehr bereichert und Abbildungen mehrerer Sternhaufen und Nebelflecke in seinen bekannten Sterncharten mitgetheilt. Aber alle diese Bemühungen erschienen als unbedeutend, sobald Herschel anfing, seine groſsen Telescope zu einer Durchmusterung des ganzen Himmels

1 Lubieniezki theatrum cometicum. I. p. 325. 337. 403. Montucla Hist. II. 285.

2 Sidereus nuncius. Opere di Galileo Galilei. Milano 1810. IV. 332.

3 Hugenii opera III. p. 540.

4 Phil. Trans. for 1715. p. 390. Mém. de Paris pour 1771. p. 435.

anzuwenden. Seine Beobachtungen zeigten nicht nur, daſs die Erscheinungen, die man, ihrer Verschiedenheit ungeachtet, unter dem Namen Nebelflecke zusammenfaſste, bei Tausenden am Himmel vorhanden sind[1], sondern sie geben wenigstens einigen Aufschluſs über die verschiedene Beschaffenheit derselben. Ich werde daher vorzüglich von seinen Beobachtungen und den von ihm angegebenen Folgerungen reden und einzelne andere Beobachtungen gelegentlich erwähnen.

Daſs vermöge der Lichtstärke oder raumdurchdringenden Kraft der Herschel'schen Fernröhre, wodurch sie auch bei starker Vergröſserung noch dienen konnten, Gegenstände von schwachem Glanze gut zu zeigen, manche nebelige Sternhaufen sich als wirklich aus Sternen zusammengesetzt zeigen würden, lieſs sich nach der Uebereinstimmung mit den Sternhaufen, die nur für das bloſse Auge ein nebeliges Ansehen haben, erwarten. Wirklich war dieses auch so sehr der Fall, daſs Herschel in der frühesten Zeit die Meinung gefaſst zu haben scheint, es müſsten durchaus alle Nebelflecke sich bei hinreichend geschärftem Blicke als Sternhaufen darstellen; eine Meinung, die er später nicht mehr als ohne Ausnahme richtig anerkannte.

Nach Herschel's späteren Mittheilungen darf man es wohl als gewiſs ansehen, daſs man zwei wesentlich verschiedene Arten von Nebelflecken annehmen muſs, und auſser den Erscheinungen, die sich mit ziemlich entschiedener Sicherheit zu einer oder der andern Classe rechnen lassen, giebt es noch Gegenstände von zweifelhafter Natur. Jene zwei Hauptclassen sind erstlich die Nebelflecke, die man deutlich oder doch wenigstens mit groſser Wahrscheinlichkeit als Sternhaufen erkennt, und zweitens die eigentlichen Lichtnebel, milchigen Nebel, die bei der Beobachtung mit stärkeren Instrumenten sich nicht so darstellen, daſs man sie für Sterne halten kann, sondern die aus einer gleichförmig ausgetheilten leuchtenden Materie zu bestehen scheinen[2].

---

1 Phil. Transact. for 1786. p. 457. for 1789. p. 212. for 1802. p. 477. Astr. Jahrbuch 1791. S. 157. 1794. S. 150. 1807. S. 129. Auch in Herschel's sämmtlichen Schriften. I. Bd. S. 403.

2 Ich werde mich in den Citaten auf die deutsche Ausgabe von Herschel's Schriften (W. Herschel's sämmtl. Schriften. Erster Bd., über den Bau des Himmels. Dresden u. Leipzig, Arnold'sche Buchh. 1826.) beziehen.

Digitized by Google

Die Sternhaufen sind sowohl ihrer Gestalt, als auch ihrer Gröſse und ihrem Glanze nach sehr verschieden. Als die regelmäſsigste und dennoch sehr oft vorkommende Gestalt giebt Herschel die kugelförmige an. In diesen kugelförmigen Sternhaufen sind zahlreiche leuchtende Puncte von gleichem Glanze auf einen kreisförmigen Flächenraum so ausgetheilt, daſs sie gegen die Mitte immer mehr und mehr gedrängt erscheinen; diese Zusammendrängung gegen den Mittelpunct geht gewöhnlich so weit, daſs sie in einen leuchtenden Mittelpunct, dessen vereinigter Lichtglanz keinen einzelnen Stern mehr zu erkennen gestattet, übergeht. Daſs in diesen Sternhaufen nicht bloſs scheinbar, sondern auch wirklich die Sterne einander nahe stehen, daran kann man unmöglich zweifeln. Die Sterne in ihnen müssen, so weit sie uns einzeln kenntlich sind, nicht sehr von der Gleichheit entfernt seyn, und auch ihre Austheilung in dem Raume, den sie einnehmen, müssen wir als nach allen Richtungen um den Mittelpunct herum übereinstimmend ansehen, wobei sie indeſs gegen den Mittelpunct zu auch wirklich enger zusammengedrängt stehen mögen, als gegen den Rand, indem ihr Ansehen in den meisten Fällen gegen den Mittelpunct gedrängter erscheint, als einer gleichförmigen Austheilung angemessen ist. Hier haben sich also viele Sterne, wie man wohl sicher behaupten kann, um einen anziehenden Mittelpunct, in welchem wir uns am liebsten einen Stern von mehr Masse denken werden, vereinigt und bilden so ein groſses Sternsystem [1]. Um die Entfernung solcher Sternsysteme zu schätzen, bieten sich mehrere Wege dar, die jedoch alle von Vermuthungen ausgehen. Am passendsten scheint diejenige Bestimmung der Entfernung, wo man die Sterne in ihnen als ungefähr denen gleich, die uns näher umgeben, voraussetzt [2]. Findet man z. B., daſs ein Fernrohr, welches 61mal so tief als das bloſse Auge in den Raum eindringt, uns bei groſser Anstrengung des Auges noch die Sterne eines Nebelfleckes, der dann ein auflöslicher Nebelfleck heiſst, zeigt, und hat man sich durch andere Beobachtungen überzeugt, daſs das bloſse Auge bis auf 12 Siriusweiten reicht, so eignet man diesem Sternhaufen eine Entfernung von 732 Siriusweiten zu. Ein solcher Nebelfleck von

---

1 Herschel S. 135.
2 Ebend. S. 341.

Digitized by Google

10 Minuten Durchmesser hätte also einen wahren Durchmesser gleich zwei Siriusweiten und in diesem Raume würde man (da die Sterne oft so gedrängt erscheinen, daſs man dieses wohl annehmen darf) 60 Sterne in jedem Durchmesser, 113000 Sterne in dem ganzen Raume annehmen dürfen. Diese Sterne alle wären in einem Raume enthalten, dessen Halbmesser der Abstand von uns bis zum Sirius ist, also nach einem ganz andern Gesetze angeordnet, als die uns umgebenden Sterne, aber immer wären ihre Abstände von einander noch viel gröſser, als der Durchmesser unsers Planetensystems, ja, wenn man den nächsten Fixstern auch nur eine Billion Meilen entfernt setzt, ihr gegenseitiger Abstand doch noch 30000 Millionen Meilen. Diese Rechnung, die Herschel in Beziehung auf einige von ihm beobachtete Nebelflecke durchführt, zeigt, daſs die Voraussetzungen der Rechnung nichts in sich Widersprechendes haben. Einige dieser Sternhaufen müssen hiernach als näher und als noch lange keine Siriusweite im Durchmesser haltend geschätzt werden; andere sind entfernter, und da es Gegenstände giebt, die selbst in den stärksten Fernröhren sich nur erst so zeigen, wie andere auflösliche Sternhaufen in schwächeren Fernröhren, so ist es höchst wahrscheinlich, daſs manche jener Gegenstände in der That Sternhaufen sind, die nur über die Grenzen der raumdurchdringenden Kraft aller unserer Fernröhre hinaus liegen. Dieses ist um so mehr zu vermuthen, da sich so sehr zahlreiche Gegenstände am Himmel finden, die in aller Hinsicht wie ein verkleinertes Bild eines leicht auflöslichen Nebels, und wieder andere, die wie ein verkleinertes Bild jenes verkleinerten Bildes aussehen. Bei diesen Nebelflecken, die durch kein Fernrohr als in Sterne aufgelöst erscheinen, ist offenbar von gar keiner regelmäſsigen Abschätzung der Entfernung die Rede, da es ja ganz ungewiſs bleibt, ob sie wirklich aus Sternen bestehen; dennoch sind folgende Betrachtungen Herschel's so der Natur der Sache angemessen, daſs man ihnen einiges Gewicht nicht absprechen wird[1]. Es giebt Sternhaufen, die mit dem 10fuſsigen Teleskope sehr genau so aussehen, wie andere mit dem bloſsen Auge oder mit einem sehr schwachen Fernrohre, und es ist daher einleuchtend, daſs man sagen wird, weil jenes Fernrohr 28mal so tief in den Raum

1 S. 371.

eindringt, als das bloſse Auge, so könnte ein Sternhaufen, der wirklich dem bloſsen Auge sichtbar ist, bei 28mal so groſser Entfernung noch in jenem Fernrohre sichtbar bleiben. Daran knüpſt sich also leicht der Schluſs, da Sternhaufen in 144 Siriusfernen sich noch dem bloſsen Auge zeigen, so mögen Sternhaufen, die sich im 10fuſsigen Teleskope eben so unbestimmt zeigen, 4032 Siriusfernen entlegen seyn. In so groſser Ferne und vollends in den Entfernungen, die hiernach das 20fuſsige, das 40fuſsige Teleskop noch erreichte (die 4000 bis 11000, ja 35000malige Entfernung des Sirius), müſsten solche Sternhaufen unter einem äuſserst kleinen Winkel, zuletzt nur als etwas gröſsere Sterne erscheinen [1]. Diese Berechnungen geben uns daher Grund zu vermuthen, daſs unser Auge noch bis zu der 10000fachen Entfernung des Sirius eben solche Sternsysteme entdecke, und da sich hiermit die Ueberzeugung von der Unendlichkeit der sichtbaren Welt, von der Unmöglichkeit, daſs ein irdisches Auge ihre Grenzen erreichen könne, verbindet, so ist die Behauptung, daſs manche jener Nebelflecke sich in Entfernungen von 100000 Billionen Meilen befinden mögen, in Entfernungen, aus denen das Licht erst in einer langen Reihe von Jahrtausenden zu uns gelangt, nicht als eine unglaubliche zu betrachten, sondern wir *sehen* in ihr, was wir, durch innere Nothwendigkeit getrieben, *glauben*, daſs für die Gröſse des Weltbaues, für das Werk des Unendlichen, jedes irdische Maſs, jede menschliche Phantasie zu begrenzt ist.

Aber nicht alle Sternhaufen haben diese nach der Mitte immer gedrängtere Kugelform. Bei manchen, wenn sie auch kugelförmig sind, scheint die Austheilung der Sterne mehr gleichförmig; bei andern scheint ein Zusammendrängen gegen mehrere Mittelpuncte statt zu finden; noch andere sind gleichsam an einander gereiht oder haben die Gestalt eines Ringes, so als ob aus dem mittleren Raume sich die Sterne rings herum zusammengedrängt hätten. Nach Herschel's Beobachtung ist der Himmel um diese Sternhaufen herum meistens so dunkel, daſs sich der Gedanke aufdrängt, alle Sterne aus der entferntern Umgebung hätten sich gegen jene Mittelpuncte zusammengedrängt. In Rücksicht ihrer gegenseitigen Lage glaubte Herschel auch [2] etwas Merkwürdiges zu finden, daſs sie nämlich

1 S. 255. 2 S. 77.

Digitized by Google

in Schichten oder Reihen geordnet sind, die durch weite Räume fortlaufen, und daſs sie sofern der Milchstraſse gleichen, als auch diese eine Schicht zusammengeordneter Sternhaufen zu seyn scheint. Eins dieser Nebellager war so reichhaltig, daſs in 36 Minuten 31 Nebelflecke gesehen wurden; in einem andern waren doppelte und dreifache Nebelflecke, groſse mit kleinen, die wie ihre Begleiter erschienen, u. s. w. Herschel ist, so viel ich weiſs, auf diese Anordnung nicht wieder zurückgekommen, und ich bin daher ungewiſs, ob bei dieser Andeutung auf die Verschiedenheiten in der Entfernung und in der Natur der Nebelflecke Rücksicht genommen worden ist, da Herschel diese bei seinen frühern Beobachtungen noch nicht so aufgefaſst hatte.

Die zweite Art von Nebeln scheint nicht aus Sternen zusammengesetzt zu seyn. Allerdings bleibt es, wie ich schon erwähnt habe, oft zweifelhaft, ob nicht noch vollkommenere Fernröhre den milchigen Nebel in einen auflöslichen Nebel verwandeln würden, und Herschel glaubte z. B. bei seinen frühern Beobachtungen den Nebel in der Andromeda so zu sehen[1], daſs er in seinem glänzendsten Theile sich den auflösbaren Nebeln nähere; aber in manchen Fällen ist es wohl ganz unbezweifelt, daſs wir in den milchigen Nebeln eine ganz andere Materie sehen, über deren Beschaffenheit wir nur unvollkommene Muthmaſsungen haben können. Eine sehr schwach leuchtende, vermuthlich nicht sehr verdichtete Materie, die oft sehr bedeutende Räume einnimmt, die zuweilen mit Sternen in Verbindung steht, müssen wir wohl in diesen Nebelmassen erkennen; aber ihre Bestimmung im Weltraume ist uns sehr wenig klar. Herschel hat aus seinen Beobachtungen Folgendes über sie mitgetheilt[2]. Es giebt Gegenden von 1 bis 1,5 Grad im Durchmesser, die ganz mit einem unregelmäſsig ausgebreiteten Nebel bedeckt sind, und ihrer sind so viele, daſs schon Herschel's Beobachtungen zusammen 150 Quadratgrade als mit solchen Nebeln bedeckt angeben. In diesen schwachen Nebelmassen zeichnet sich nun zuweilen eine oder zeichnen sich mehrere Stellen durch gröſsern Glanz aus, die Nebelmaterie scheint sich hier verdichtet zu haben oder uns dadurch glänzender zu werden, daſs unsere Gesichtslinie länger in ihr fortläuft. Aber

---

1 S. 125. 2 S. 206.

Digitized by Google

die Vermuthung, daſs die Nebelmaterie sich verdichte, daſs sie, durch irgend eine stärkere Anziehung gegen einen oder gegen mehrere Mittelpuncte getrieben, sich hier mehr ansammle, gewinnt an Wahrscheinlichkeit, wenn man findet, daſs mehrere Nebelmassen oft einander nahe liegen, so liegen, daſs man den Gedanken faſst, sie hätten eine ehemals zwischen ihnen ausgebreitete Nebelmaterie zu sich herangezogen und dadurch zwischen sich einen leeren Raum hervorgebracht. Dieser Gedanke an ein Zusammenballen der Nebelmaterie wird dadurch bestärkt, daſs viele Nebel eine rundliche Form haben und zahlreiche andere ganz entschieden oval sind; daſs sehr viele Nebel in der Mitte einen stärkeren Glanz zeigen, der auf bedeutendere oder doch wenigstens nicht unerhebliche Verdichtung hinweist. Diese gröſsere Lichtstärke ist bei einigen Nebelflecken durch leise Abstufung gegen die Mitte zunehmend, bei andern gleicht die Mitte mehr einem Kerne, der, selbst sehr verdichtet, nur noch einen dünnen umgebenden Nebel zurückgelassen hat. Endlich schlieſsen sich hieran die merkwürdigen *planetarischen Nebelflecke*, die eine beinahe ganz gleichförmig helle Scheibe von ½ Min. und selbst einer ganzen Min. Durchmesser darbieten, oft noch mit etwas Nebel umgeben sind und sich so zeigen, als ob sie schon einen gewissen Grad von Festigkeit erreicht haben, wobei sie sich aber doch immer noch von Sternen sehr wesentlich durch ein viel matteres Licht und einen gröſseren Durchmesser unterscheiden. Und über diese Verdichtung zu planetarischen Nebelflecken hinaus scheint nun noch ein weiterer Grad der Verdichtung möglich zu seyn, wo der Nebel in der Mitte einen Stern, nur noch mit Strahlen, mit einer nebeligen Hülle umgeben, darstellt. Diese Zusammenordnung der von Herschel zahlreich beobachteten, höchst mannigfaltigen Nebelflecke scheint also wirklich darauf hinzudeuten, daſs jene feine Materie, die sich uns in den ganz dünnen zertheilten Nebeln zeigt, fähig ist, sich zu leuchtenden Körpern auszubilden. Andere Nebel scheinen sich so an Sterne anzuschlieſsen, als ob sie im Begriff wären, sich mit den schon ganz ausgebildeten Sternen zu verbinden; die Nebelmasse umgiebt einen Stern, oder liegt zwischen zwei Sternen, oder geht in mehrere Aeste von einem Sterne aus[1], oder es ist eine Nebel-

1 S. 270.

maſse über mehrere Sterne so ausgebreitet, als ob sie diese umgäbe.

Ich muſs mich hier damit begnügen, das, was Herschel mit zahlreichen Beispielen bestätigt, nur mit wenigen Worten anzudeuten, und füge nur die Bemerkung bei, daſs diese Abhandlungen Herschel's, die eine in den letzten Lebensjahren gemachte Zusammenstellung seiner Beobachtungen enthalten, höchst anziehend und belehrend sind, aber doch sehr den Wunsch erregen, es möge bald ein mit starken Instrumenten ausgestatteter Beobachter alle diese Beobachtungen wiederholen, um den Grad von Wahrscheinlichkeit näher zu bestimmen, den wir diesen scharfsinnigen Vermuthungen beizulegen uns geneigt fühlen.

Diese eigentlich nebeligen Erscheinungen sind nach Herschel's Ansicht nicht so sehr weit entfernt. Er glaubt, daſs Sterne neunter Gröſse hinter dem Nebel im Orion ständen und daſs dieser Nebel vielleicht nur mit der Entfernung der Sterne zweiter und dritter Gröſse übereinstimme. Die aus dem matten Glanze der Nebelflecke für ihre geringere Entfernung hergenommenen Gründe scheinen mir kein Gewicht zu haben. Aber sind sie auch nur zwei Siriusfernen von uns, so muſs ein Nebel von 1 Grad Ausdehnung doch einen Raum, der mehrere hundertmal so groſs als unser Sonnensystem ist, erfüllen. Daſs irgend einer dieser Nebelflecke eine jährliche Parallaxe habe, ist noch von niemand beobachtet worden, also ist bis jetzt kein Grund vorhanden, anzunehmen, daſs sie uns näher sind, als die nächsten Fixsterne. Dagegen hat man in dem öfter beobachteten Nebel im Orion Veränderungen wahrzunehmen geglaubt, und der ältere Herschel[1] zweifelte gar nicht, daſs in dem Zeitraume seiner Beobachtungen dieser Nebel seine Gestalt verändert habe. Die Vergleichung zwischen der Lage, die Huyghens diesem Nebel in Vergleichung gegen die benachbarten Sterne zueignet, und späteren Bestimmungen spricht noch mehr hierfür. Aber wie trüglich diese Vergleichungen seyn können, bemerkt der jüngere Herschel[2], indem er auf die groſsen Verschiedenheiten aufmerksam macht, welche durch

---

1 S. 249.

2 Aus den Transact. of the astron. soc. in der Bibliothèque universelle. XXXIV. 81.

Digitized by Google

die Anwendung eines andern Fernrohrs und selbst durch Veränderungen in dem Zustande der Atmosphäre in dem Erscheinen dieser lichtschwachen Gegenstände hervorgebracht werden. Der jüngere Herschel selbst hat daher aus eigenen Beobachtungen eine die gröſste Aufmerksamkeit verdienende genaue Beschreibung der einzelnen Theile dieses Nebels, denen er bestimmte Namen beilegt, gegeben, und nun erst läſst sich hoffen, daſs wir bald durch Fortsetzung dieser Beobachtungen, mit gleichen Instrumenten angestellt, eine genauere Bestimmung der, im Allgemeinen wohl nicht zu bezweifelnden, Veränderungen erhalten werden. Die früheren Beobachtungen von Huyghens, Picard, le Gentil, Mairan, Messier sind von Herschel angeführt; Schröter's Beobachtungen scheinen ihm unbekannt geblieben zu seyn. Einige Beobachter haben den Raum neben diesem Nebel als auffallend schwarz angegeben, was aber doch wohl nur durch die Vergleichung mit dem Lichte des Nebelflecks, bloſs scheinbar, hervorgebracht werden mag[1].

Der schöne Nebelfleck in der Andromeda, der keine Veränderungen zu erleiden scheint, ist nebst den beiden kleinen benachbarten Nebeln von Messier genau dargestellt[2] worden. Des jüngern Herschel's Beschreibung stimmt mit dieser Zeichnung fast genau überein.

Von Hahn hat die ganze Gegend um den nördlichen Flügel der Jungfrau als mit einem Nebel überzogen angegeben, und obgleich von Hahn's Beobachtungen nicht die Sicherheit, wie die von Herschel und Schröter, haben, so verdient doch diese Bemerkung vielleicht eine Prüfung[3]. Eben dieser Beobachter glaubt, daſs der planetarische Nebel bei μ der Wasserschlange seine Gestalt und Lage geändert habe[4]. Endlich bemerke ich noch, daſs Cacciatore's Meinung, er habe einen früher nicht vorhandenen Nebelfleck entdeckt, durch Dunlops Beobachtung[5], die diesen Nebelfleck als schon früher vorhanden nachweist, widerlegt ist[6]. *B.*

---

1 Herschel's Schriften S. 385.
2 Mém. de l'Instit. de France. VIII. 206.
3 Astr. Jahrb. 1801. S. 178.
4 Ebendas. 1803. S. 106.
5 Schum. astron. Nachr. Nr. 148.
6 Vergl. den Art. *Milchstraſse.*

Digitized by Google

Nebenmonde.

Paraselenae; Paraselenes; *Paraselenes;* sind eben solche glänzende Erscheinungen in Beziehung auf den Mond, wie es die Nebensonnen in Beziehung auf die Sonnen sind[1]. Schon die alten Naturforscher kannten sie[2]. Da sie ganz ebenso entstehen, wie die Nebensonnen, so verweile ich hier nicht bei einer nähern Beschreibung und Theorie derselben, und bemerke nur, daſs manche der Beobachtungen, wo man ganz nahe bei dem wahren Monde einen Nebenmond zu sehen geglaubt hat, vielleicht auf Täuschung beruhen, indem ich selbst einmal nach einer auf dem Postwagen schlaflos zugebrachten Nacht den gegen Morgen erst aufgehenden Mond trübe und doppelt gesehen habe, aber mich bald überzeugte, daſs mein etwas gereiztes Auge mir ebenso den Mond verdoppelt zeige, wie ein kurzsichtiges Auge ein entferntes Licht undeutlich und vielfach sieht. Ohne gerade sicher behaupten zu wollen, daſs alle bei höherem Stande des Mondes bemerkte Verdoppelungen des Mondes bloſse Täuschungen ähnlicher Art waren, scheint mir doch die Bemerkung nicht unrichtig, daſs auch bei einer andern, vollständig beschriebenen, Erscheinung[3] die Verdoppelung nicht wahrgenommen ward, wenn man den Mond durch einen Operngucker oder durch ein achromatisches Fernrohr beobachtete, und daſs noch eine ähnliche Beobachtung[4] ganz einer solchen Täuschung ähnlich sieht. Daſs aber nahe am Horizonte Nebenmonde ganz nahe neben dem wahren Monde erscheinen können, darüber werde ich im Art. *Nebensonne* Beobachtungen mittheilen. *B.*

Nebenplaneten.

Monde, Trabanten der Hauptplaneten; *Planetae secundarii, Satellites planetarum;* Planètes du second ordre, Lunes, Satellites; *Satellits, Moons.*

---

1 S. Art. *Hof* und *Nebensonne.*
2 Plin. Hist. nat. II. 32.
3 Berlin. astronom. Jahrbuch 1812. S. 265.
4 G. XXX. 106.

Die Nebenplaneten sind Weltkörper, die nicht, wie die Hauptplaneten, eine einfache, kreisförmige oder elliptische Bahn um die Sonne durchlaufen, sondern einen Hauptplaneten so begleiten, daſs sie ihre *relative* Bewegung um diesen in einer Kreisbahn oder einer Ellipse vollenden. Unser Mond ist ein solcher Körper, der, wenn wir uns die Erde als ruhend denken, sich in einer beinahe kreisförmigen Bahn, deren Mittelpunct die Erde ist, um die Erde bewegt, allerdings aber, da er mit der Erde um die Sonne herum geführt wird, eine ungefähr cykloidische Bahn im Sonnensysteme beschreibt.

Da vom Monde ein eigner Artikel handelt, so werde ich hier nur von den Monden des Jupiter, Saturn und Uranus handeln. Die übrigen Planeten haben keine Monde[1].

Monde des Jupiter.

Gleich nach Erfindung der Fernröhre bemerkte Simon Marius (Simon Mayer) in Anspach im November des Jahres 1609, daſs einige kleine Sterne, immer unter einander und mit dem Jupiter in gerader Linie stehend, bald an seiner einen, bald an seiner andern Seite sich zeigten. Er beobachtete sie vom 29sten Dec. 1609 bis 12ten Januar 1610 und dann vom 8ten Februar bis in den März und überzeugte sich völlig, daſs dieses Monde des Jupiter wären. Er nannte diese kleinen Gestirne dem Markgrafen von Brandenburg zu Ehren, in dessen Dienste er stand, sidera Brandeburgica. Da er aber erst 1614 seine Entdeckung vollständig bekannt machte[2], so kam ihm in der Bekanntmachung eben dieser Entdeckung Galilei zuvor, der mit einem selbst verfertigten Fernrohre diese Monde am 7ten Januar 1610 bemerkt und sodann genau beobachtet hatte. Schon in demselben Jahre machte er seine Entdeckung bekannt[3], bestimmte

1 Von der ganz gewiſs irrigen Meinung, daſs auch Venus einen Mond habe (Mém. de l'acad. de Berlin 1773), ist es jetzt nicht mehr nöthig, etwas zu erwähnen.

2 Mundus jovialis anno 1609 detectus. Noribergae 1614. Eine kurze Nachricht hat er indeſs schon im Fränkischen Kalender für 1612 gegeben, wie Gehler aus Beckmann's Beitr. z. Gesch. d. Erfind. I. Bd. S. 117. und aus den Nachrichten der ökonom. Gesellsch. in Franken, zweitem Jahrgang (Anspach 1776), anführt.

3 Nuncius sidereus. Venet. 1610 u. Frf. 1610. Auch in den 1810 in

die Umlaufszeiten dieser Monde genau und nannte sie zu Ehren des berühmten italienischen Fürstenhauses Sidera medicea. Dieser Name ist nicht in Gebrauch geblieben. Daſs diese Entdeckung von einigen Beobachtern verdächtig gemacht wurde[1], verdient kaum erwähnt zu werden; Keppler selbst aber überzeugte sich bald von der Richtigkeit der Entdeckung und fand darin noch einen Beweis mehr für die Behauptung, daſs auch die Erde mit ihrem Monde um die Sonne laufe[2].

Diese vier Jupitersmonde sind schon mit sehr schwachen Fernröhren zu erkennen, ja es hat mehrere Personen gegeben, die sich überzeugt hielten, daſs sie sie mit bloſsen Augen wahrnähmen, und dieses würde, bei dem gar nicht unbedeutenden Glanze dieser Weltkörper, nach Olbers Urtheile gewiſs leicht möglich seyn, wenn sie nicht einem so sehr hellen Himmelskörper nahe ständen; der groſse Glanz des Jupiter selbst aber macht die meisten, auch sonst scharfen, Augen unfähig, das Bild der Trabanten, indem es von dem Hauptplaneten so lebhaft überglänzt wird, wahrzunehmen. Sie sind übrigens leicht zu erkennen, weil sie immer fast genau mit ihrem Hauptplaneten in einer geraden Linie stehen, und dieſs deswegen, weil die Erde sich nur wenig von der Ebene, worin sie sich bewegen, entfernen kann.

Die Beobachtung dieser Monde hat später Flamstead, Cassini, Maraldi und Lalande beschäftigt. Cassini gab Tafeln zur Bestimmung ihres scheinbaren Laufes heraus[3]. In späterer Zeit hat Wargentin sich vorzüglich um diese Berech-

---

Milano herausgegebenen Opere di Galileo Galilei. Vol. IV. p. 297. Galilei wunderte sich zwar bei der ersten Beobachtung darüber, daſs die Sternchen in gerader Linie standen, hielt sie aber doch für Fixsterne und sah bloſs von ungefähr, „nescio quo fato ductus," sich am 8. Jan. wieder nach ihnen um.

1 Epist. ad Kepplerum scriptae. Lips. 1718. Epist. 103.

2 Narratio de quatuor Jovis satell. a se observatis. Pragae 1610, und Dissertatio cum nuncio sidereo ad Galil. missa. Pragae 1610. S. auch über frühere Beob. dieser Monde: de Zach Corr. astr. III. 327.

3 Ephemerides bononienses Mediceorum siderum. Bonon. 1668. Tables des satellites de Jup. reformées sur des nouv. observ. Paris. 1693. Auch in den Mém. de Paris. I. 212. X. 572. Flamstead's, Hodgson's u. a. Schriften, die ähnliche Bemühungen betreffen, führt Reuss an im Repert. Comm. V. 260. 263. 265.

Digitized by Google

nung verdient gemacht[1], und man hat lange Zeit sich an seine Tafeln bei der Vorausberechnung der Stellung der Trabanten und besonders ihrer Verfinsterungen gehalten; endlich aber haben Delambre's noch genauere Untersuchungen vor ihnen den Vorzug gewonnen. Delambre's Tafeln, deren Titel ist: *Tables elliptiques des Satellites de Jupiter, d'après la théorie de Mr.* Laplace *et la Totalité des observations, faites depuis* 1662 *jusqu' à l'an* 1802, *par* Delambre, sind nach Laplace's Urtheile[2] so genau, als die Beobachtungen selbst. Wegen der Beobachtungsfehler war es nicht möglich, den Tafeln die Vollkommenheit zu geben, die man nach Maſsgabe der verglichenen groſsen Anzahl von Beobachtungen wohl hoffte erlangen zu können.

Da man für viele Zwecke zufrieden ist, die Stellung der Jupitersmonde nur ziemlich genau zu kennen, so hat man sich dazu eines Modelles, eines *Jovilabium*, bedient, welches Cassini erfunden und Weidler beschrieben hat[3]. Gehler theilt davon folgende Beschreibung mit. Das Jovilabium besteht aus kreisrunden Pappen- oder Kartenblättern, die sich um einen gemeinschaftlichen Mittelpunct drehen lassen, wo der Mittelpunct die Stelle des Jupiter, die Umkreise der Pappen die Bahnen der Monde nach den gehörigen Verhältnissen vorstellen. Das Ganze wird von einem Ringe umgeben, der die um eben den Mittelpunct beschriebene Ekliptik vorstellt. Die Umkreise der Bahnen selbst werden nach der täglichen Bewegung eines jeden Trabanten um den Jupiter eingetheilt. Um nun die Stellung für eine gewisse Zeit zu finden, wird die Länge eines jeden Trabanten, aus dem Jupiter gesehen (*longitudo jovicentrica*), aus den Tafeln gesucht, und ihr gemäſs wird das Merkmal, das den Trabanten vorstellt, auf dem Umfange seiner Bahn so verschoben, daſs es vom Mittelpuncte aus gerechnet diese Länge auf der Ekliptik hat. Hierauf sucht man aus den Tafeln den geocentrischen Ort des Jupiter und richtet auf den damit übereinstimmenden Punct der Ekliptik eine um den Mittelpunct bewegliche Regel. Wenn man nun die senkrechte Entfernung

---

1 Acta soc. Upsal. pro anno 1741. p. 27. und in der Berliner Samml. astr. Taf. III. 31. 101.

2 Ann. de Ch. et Ph. IV. 85. de Zach Corr. astr. II. 430.

3 Explicatio Jovilabii Cassiniani. Viteb. 1727.

Digitized by Google

der Trabanten von der Schärfe dieser Regel miſst und vom Mittelpuncte eines kleinen Kreises, der den Jupiter vorstellt, auf die eine oder die andere Seite aufträgt, so giebt die so entstehende Zeichnung den Stand von der Erde aus gesehen richtig an. Giebt man dabei noch Achtung, wie die Knotenlinie der Trabantenbahnen liegt, so kann man zugleich beurtheilen, ob der Trabant höher oder niedriger als der Mittelpunct des Jupiter erscheinen wird.

Die Berechnung des genauen Standes der Jupitersmonde erlangte besonders dadurch eine erhöhte Wichtigkeit, daſs man die Beobachtung ihrer Verfinsterungen zur Bestimmung der Längen-Unterschiede anwandte. Schon Galilei hatte die Bemerkung gemacht, daſs die an zwei verschiedenen Orten beobachtete Verfinsterung eines Jupitersmondes sehr gut dienen könne, um den Längen-Unterschied zu finden[1], und ohne Zweifel hat er viele Beobachtungen über diesen Gegenstand angestellt; aber diese sind, nebst seines Schülers Renieri Beobachtungen, verloren gegangen[2]. Erst nach der Mitte des 17ten Jahrhunderts fing man an, diese Beobachtungen fleiſsiger anzustellen, und freilich hätte man, bei der früheren groſsen Unvollkommenheit der Uhren, aus diesen Beobachtungen auch noch nicht den rechten Nutzen ziehen können. In der folgenden Zeit hat man sich ihrer oft bedient[3].

Die Beobachtungen dieser Verfinsterungen haben das vorzüglichste Mittel zur genauen Kenntniſs der Bahnen und Umlaufszeiten dieser Monde dargeboten; aber in dem beinahe unvermeidlichen Mangel an Genauigkeit dieser Beobachtungen liegt auch der Grund, warum selbst Delambre's Tafeln noch nicht so vollkommen sind, wie die lange Reihe von Beobachtungen und ihre sorgfältige Benutzung es hatte hoffen lassen. Bei den Beobachtungen dieser Eintritte in den Schatten des Jupiter und der Austritte aus demselben findet nämlich erstlich eine Ungleichheit in Beziehung auf die Vollkommenheit des Fernrohrs, auf die Schärfe des Auges, auf die Heiterkeit der Luft statt, und zweitens eine Ungleichheit, durch welche das Wahrnehmen des Austrittes aus dem Schatten mehr erschwert

1 Riccioli almagestum novum. Tom. I. p. 493.

2 De Zach corr. astronomique. I. 475. 476.

3 Vergl. *Länge.* Bd. VI. S. 9. u. 10.

Digitized by Google

wird, als das Wahrnehmen des Eintrittes in den Schatten. Was das erste betrifft, so ist es offenbar, daſs ein scharfes Auge mit einem starken Fernrohre den schon groſsen Theils verfinsterten Trabanten noch wird wahrnehmen können, wenn das schwächere Auge und Fernrohr schon nicht mehr hinreichen, ihn zu erkennen; zwei Verfinsterungen also, welche mit ungleichen Hülfsmitteln oder bei ungleich heiterer Luft beobachtet worden sind, geben die Zwischenzeit zwischen den beiden Erscheinungen unrichtig an. Diese Unrichtigkeit wird, wie Flaugergues bemerkt, durch den Lichtwechsel, welchem diese Monde unterworfen sind, noch gröſser, indem bei ganz gleichen Umständen der Beobachtung und bei Verfinsterungen, die so bald auf einander folgten, daſs Fehler der Tafeln keinen so ungleichen Einfluſs haben konnten, dennoch ganz verschiedene Differenzen zwischen der Beobachtung und den Tafeln hervorgingen, die durch nichts anderes als eine ungleiche Lichtstärke in verschiedenen Zeitpuncten erklärt werden konnten. Der zweite Mond zeigte bei Flaugergues Beobachtungen die meisten unregelmäſsigen Abweichungen[1]. Der andere Umstand, der eine Ungleichheit in die Beobachtung bringt, ist der, daſs man den immer kleiner werdenden, schon halb verfinsterten Mond doch noch leichter wahrnimmt, als den aus dem Dunkel hervortretenden, daſs also, wenn man auch den Eintritt in den Schatten und den Austritt aus dem Schatten beobachten kann, doch in den meisten Fällen die Mittelzeit zwischen beiden Beobachtungen nicht strenge das Mittel der Verfinsterung ist[2].

Bei dem ersten Trabanten ist es beinahe durchaus unmöglich, das Ende sowohl als den Anfang einer und derselben Verfinsterung zu sehen; damit dieses bei dem zweiten möglich sey, muſs der Jupiter seine gröſste Breite haben und sich in einer bestimmten Elongation befinden, so daſs auch für ihn die Beobachtung nur selten angestellt worden ist; in den meisten Fällen verdeckt die Scheibe des Jupiter die eine Seite des Schattens, so daſs nur entweder der Eintritt in den Schatten, oder der Austritt aus dem Schatten beobachtet werden kann. Da die Bahnen der Trabanten eine Neigung gegen die Bahn des Jupiter haben, so gehen

1 De Zach corr. astr. II. 430.

2 Sehr mühsame Beobachtungen über diese ungleichen Resultate der Finsternisse und Versuche, dieser Unsicherheit abzuhelfen, hat Bailly angestellt. Mém. de Paris. 1771. p. 580.

sie nicht immer da, wo der Durchmesser des Schattenkegels am gröſsten ist, durch den Schatten, und die ungleiche Zeit ihres Verweilens im Schatten läſst auf die Gröſse jener Neigung schlieſsen [1]; jedoch hat auf dieses Verweilen im Schatten auch die sphäroidische Form des Planeten, welche verursacht, daſs der Schatten kein genauer Kegel ist, einigen Einfluſs [2].

Die Umlaufszeiten der Trabanten werden leicht aus den Beobachtungen ihrer gleichen Stellungen gegen den Hauptplaneten, vorzüglich ihrer Conjunctionen mit dem Hauptplaneten, abgeleitet; die Verfinsterungen und die Vorübergänge vor dem Jupiter bieten Mittel dazu dar. Um den wahren Abstand eines der Trabanten vom Hauptplaneten zu bestimmen, muſs man seine gröſsten Digressionen vom Jupiter abmessen; daraus würde man bei öftern Beobachtungen und bei verschiedenen Stellungen des Jupiter auch finden, ob die Bahnen merklich elliptisch sind, wenn man nämlich diese Digressionen, nach gehörig genommener Rücksicht auf die Entfernung des Jupiter von der Erde, ungleich fände. Die Abweichung ihrer Bahnen vom Kreise ist aber in Beziehung auf die Gröſse der Digressionen unmerklich. Jene Abmessungen zur Zeit der gröſsten Digressionen brauchte man nur bei einem oder bei zweien der Monde genau anzustellen, indem nach den Kepplerschen Gesetzen dann die Abstände der übrigen aus den sehr genau bekannten Umlaufszeiten gefunden werden.

Die Frage, ob die Bahnen merklich elliptisch sind, läſst sich auf eine andere Weise entscheiden. Es ist bekannt, daſs die Bewegung des angezogenen Körpers schneller ist, wenn er sich in der gröſsten Annäherung zum anziehenden Körper befindet, langsamer in der gröſsten Entfernung; der Trabant wird daher in jenem Falle etwas schneller, als es der mittleren Bewegung gemäſs ist, zu gleichen Stellungen zurückkehren. Aus solchen Bestimmungen hat Delambre die gröſste Mittelpunctsgleichung des dritten und vierten Trabanten bestimmt; bei den beiden andern ist die Ellipticität unbedeutend. Die Bewegungen dieser Trabanten sind bedeutenden Perturbationen unterworfen, und da diese hauptsächlich von der gegenseitigen Einwirkung der Monde auf einander abhängen,

1 De Zach Corr. astr. II. 440.

2 Laplace mécan. cel. IV. p. 105.

Digitized by Google

so ist ihre Periode diejenige, wo die Stellungen aller gegen einander wieder gleich werden. Dieses tritt für die drei innersten nach 437 Tagen ein, weil fast genau in dieser Zeit der erste 247 synodische Umläufe, der zweite 123, der dritte 61 vollendet; auch der vierte ist nach einer einmaligen Wiederkehr dieser Periode nicht weit von seinem, dem Anfange der Periode entsprechenden Orte, weil er 26 Umläufe in 435½ Tagen macht.

Was endlich die Lage der Bahnen betrifft, so ergiebt die Beobachtung der Zeit, da ihr Verweilen im Schatten am kürzesten ist, auch den Zeitpunct, wo sie sich 90° vom Knoten der Bahn entfernt befinden.

	Periodische Umlaufszeiten.				Synodische Umlaufszeiten.				Tägliche Bewegung.		
d. 1e	1 T.	18 St.	27′	33″	1 T.	18 St.	28′	36″	203°	29′	20,4″
d. 2e	3 -	13 -	13	42	3 -	13 -	17	54	101	22	29,1
d. 3e	7 -	3 -	42	33	7 -	3 -	59	36	50	19	3,5
d. 4e	16 -	16 -	32	8	16 -	18 -	5	7	21	34	16,0

Abstände der Monde vom Jupiter.

	Scheinbare in Halbmessern des Jupiter nach Delambre.	Wahre in geograph. Meilen, wenn Jupiters Aequatoreal-Durchmesser = 20100 Meilen.
der 1e	5,6985	57300
der 2e	9,0665	91100
der 3e	14,4619	145300
der 4e	25,4359	255600

Die Bahnen der Trabanten liegen beinahe in der Ebene des Aequators des Jupiter. Schubert giebt die Neigungen nach den Beobachtungen des Maraldi so an, daſs sie für den ersten = 3° 18′ 38″, für den vierten 2° 36′ und diese beiden constant sind; hingegen sey für den zweiten die Neigung in einer Periode von 30 Jahren zwischen 2° 46′ und 3° 46′, für den dritten die Neigung in einer Periode von 132 Jahren zwischen 3° 2′ und 3° 26′ veränderlich. Die aufsteigenden Knoten aller Bahnen lagen 1760 zwischen 10 Zeichen 13° 45′ und 10 Zeichen 16° 39′[1].

Die Gröſse der Monde ist von Schröter mit groſser Sorgfalt bestimmt worden, theils durch mikrometrische Abmessung,

1 Schubert Traité d'astronomie théorique. Tom. II. p. 499.

theils durch Beobachtung der Zeiten, die sie beim Vorübergange vor dem Jupiter zu ihrem Eintritte und Austritte gebrauchen. Ich stelle hier seine und Struve's Bestimmungen zusammen.

Wahre Gröſse	nach Schröter		nach Struve
des ersten	564 geogr. Meilen	=	532 geogr. M.
des zweiten	465 - -	=	477 - -
des dritten	818 - -	=	780 - -
des vierten	570 - -	=	667 - -

Nach Struve ist also der vierte bedeutend gröſser[1]. Hiernach ist die körperliche Gröſse des zweiten ungefähr der, unseres Mondes gleich, der erste $1\frac{3}{4}$ mal, der dritte $5\frac{1}{4}$ mal so groſs als unser Mond. Vom Jupiter aus erscheinen ihre Durchmesser 33, 17, 19, 8 Minuten, der Jupiter aber erscheint vom ersten Monde aus gesehen $19\frac{5}{6}$ Grad im Durchmesser, so daſs er einen Raum so groſs als das Sternbild Orion am Himmel bedeckt. Aus den Störungen, die sie auf einander ausüben, glaubte Lagrange ihre Massen auf 17, 23, 28, 43 Milliontel der Masse des Jupiter ansehen zu können[2].

Schon Cassini (1665 und 1678) und Maraldi (1707 und 1713) beobachteten Flecken auf den Jupiterstrabanten. Man sah nämlich mehrmals sowohl die Monde selbst vor dem Jupiter vorbeigehen, als auch ihren Schatten auf dem Jupiter fortrücken. Hiebei bemerkte man gewöhnlich, daſs der Trabant am Rande des Jupiter sich als heller in Vergleichung gegen den Planeten auszeichnete, aber mitten auf der Scheibe des Jupiter wegen Gleichheit des Lichtes nicht mehr kenntlich blieb. In seltenern Fällen dagegen zeigte sich, zu der Zeit des Vorüberganges sowohl des dritten als auch des vierten Trabanten vor dem Jupiter, ein dunkler Fleck auf diesem, den man um so mehr für einen Fleck auf dem Trabanten halten müſste, da nach seinem Austreten aus der Scheibe des Jupiter sich sehr bald der Trabant neben der Stelle des Randes, wo jener ausgetreten war, zeigte. Aehnliche Flecken verriethen sich auch zuweilen durch die Ungleichheit des Lichtes der Monde, indem zwar der dritte ge-

1 Schröters Beiträge II. 393. Schumach. astr. Nachr. Nr. 97.

2 Vermuthlich in der Abh. Recherches sur les inégalités des satell. de Jupiter, in den Pièces de Prix de l'acad. de Paris. Tome IX. (die ich nicht nachzusehen Gelegenheit habe).

wöhnlich der hellste war, aber zuweilen sich nicht vor den andern auszeichnete. Auch der Umstand, daſs man den Schatten auf dem Jupiter zuweilen gröſser sah, als den Trabanten selbst, zeigte, daſs man in dem Falle den Trabanten durch seine Flecken als verkleinert erblickte [1]. Von Pound und Messier sind ähnliche Beobachtungen angestellt worden [2]. Diese Veränderungen, aus welchen man schon früher den Schluſs zu ziehen geneigt war, daſs die Monde immer dieselbe Seite gegen den Hauptplaneten wendeten, haben in späterer Zeit Herschel's und Schröter's Aufmerksamkeit auf sich gezogen, und beide glaubten aus dem periodischen Gange dieser Veränderungen mit Ueberzeugung schlieſsen zu dürfen, daſs die Jupitersmonde in der eben bemerkten Rücksicht unserm Monde ähnlich sind. Herschel hatte schon früher sich überzeugt, daſs der eine Mond des Saturn dem Hauptplaneten stets einerlei Seite zuwende, und stellte daher absichtlich eine Reihe von Beobachtungen der Jupitersmonde vorzüglich von 1794 bis 1796 an, um zu sehen, wie fern ihre wechselnden Erscheinungen eben dem Gesetze entsprächen. Seine Resultate sind folgende. Der erste Mond scheint in der Mitte seiner hellsten Periode zu seyn, wenn er ungefähr gleichweit von der gröſsten östlichen Entfernung und der unteren Conjunction ist. Der zweite ist nur geringen Veränderungen des Lichtes unterworfen, aber auch diese entsprechen jenem Gesetze, und die hellste Seite ist uns auch zwischen dem Verweilen zwischen der östlichen Digression und unteren Conjunction zugewandt. Der dritte erlitt während Herschel's Beobachtungen nur geringe Veränderungen und war zur Zeit beider Elongationen in vollem Lichte. Der vierte zeigt uns einige glänzende Blicke, wenn er seinen Oppositionen zugeht, und bei seinem Fortgange zur gröſsten östlichen Entfernung, sonst aber ist er gewöhnlich trübe, orangefarben [3].

Schröter's Beobachtungen [4] betrafen zuerst einen mehrmals beim Vorübergange über die Jupitersscheibe kenntlich werdenden Fleck des dritten Mondes. Die Erscheinung, freilich

---

1 Mém. de l'acad. de Paris. I. 265. II. 225; pour l'année 1707. p. 289. 1714. p. 26.

2 Phil. Transact. for 1719. p. 900. for 1769. p. 457.

3 Phil. Transact. for 1797. p. 332. und astr. Jahrb. 1801. 103.

4 Beitr. zu den neuesten astr. Entdeck. 2. Bd.

von Schröter mit starken Fernröhren weit genauer beobachtet, stimmte mit den schon oben erwähnten älteren Beobachtungen vollkommen überein. Für den vierten Mond ergaben auch Schröter's Beobachtungen, daſs er nur um die Zeit der Opposition gegen die Sonne, wo er uns hinter dem Planeten vorbeigeht, glänzend und selbst dem dritten Monde gleich erscheint; beim Vorübergange über die Scheibe des Jupiter zeigt er sich dagegen oft als ein dunkler Fleck, jedoch scheint eine bedeutende Ungleichheit in dieser Hinsicht statt zu finden, da bei den zahlreichen schon beobachteten Vorübergängen lange nicht immer dieses Auffallende, daſs er als dunkler Fleck erschien, beobachtet worden ist. Eine lange Reihe von Beobachtungen, die Schröter bei verschiedenen Stellungen des Trabanten anstellte, stimmte im Ganzen dahin überein, daſs dieser vierte Mond kurz nach der untern Conjunction am dunkelsten ist und kurz nach der Opposition am hellsten; die einzelnen Beobachtungen gaben oft eine höchst auffallende Bestätigung dieser Regel, und wo auch die Erscheinung von starkem oder schwachem Lichte nicht ganz so auffallend war, ergab sich doch immer eine hinreichende Uebereinstimmung mit der Regel, daſs jene Stellungen dem gröſsten und kleinsten Lichte entsprechen. Weit weniger überzeugend für eine mit dem synodischen Umlaufe gleichzeitige Rotation sind die Beobachtungen des zweiten und ersten Mondes. Zwar ist es richtig, daſs sie bei mehreren Beobachtungen um die Zeit der untern Conjunction sich dunkler und vor dem Jupiter als Flecken zeigten, aber sehr oft war das Gegentheil der Fall und ihre, ganz gewiſs veränderlichen, Flecken scheinen nur die *Wahrscheinlichkeit*, daſs sie der vom Jupiter abgekehrten Seite eigen sind, zu begründen. Dagegen kann man die angegebenen Lichtwechsel des vierten nach Schröter's Beobachtungen als constant und nur seltenen Ausnahmen unterworfen ansehen. Wegen dieser offenbar ungleichen Wechsel, die Flaugergues zur Zeit der Oppositionen besonders bei dem zweiten Monde merklich gefunden hat und die er als einen Grund der ganz verschiedenen Beobachtungsfehler bei den Verfinsterungen ansieht, trägt sowohl Flaugergues als auch von Zach Bedenken, die Folgerung, daſs alle diese Monde immer dieselbe Seite dem Jupiter zukehren, als durch die Beobachtungen fest begründet anzusehen; indeſs erinnert von Zach daran, daſs der bekannte physische Grund,

Digitized by Google

den man in der Gestalt des Mondes annimmt, auch bei diesen Trabanten statt finden möge[1].

Monde des Saturn.

Diese sehr viel kleiner erscheinenden Körper konnten erst entdeckt werden, als man sich viel stärkerer Fernröhre bediente. In der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts wurden fünf Saturnsmonde entdeckt, zwei andere dagegen ein Jahrhundert später.

Huyghens war der erste, der mit Hülfe seiner 12 bis 23 Fuſs langen Fernröhre einen Mond des Saturn, den sechsten vom Saturn aus oder den, der nur noch einen entferntern über sich hat, am 25. März 1655 entdeckte[2]. Er bemerkte sogleich am folgenden Tage, daſs dieser kleine Stern den Saturn begleitete, während er sich mit dem Saturn von einem andern benachbarten Sterne entfernte. Er bestimmte seine Umlaufszeit. Einen zweiten Saturnsmond entdeckte Cassini am 25. October 1671 und erkannte ihn durch die Aenderung seiner Lage gegen Fixsterne als Trabanten des Saturn. Es fand sich nachher, daſs dieser unter allen der entfernteste, der fünfte unter den länger bekannten, der siebente in der Ordnung war und der von Huyghens entdeckte der sechste[3]. Einen dritten Mond entdeckte Cassini am 13. December 1672; er ist der Ordnung nach der fünfte, indem er dem Saturn näher als der von Huyghens entdeckte ist[4]. Erst im März 1684, als Cassini ein hundertfuſsiges Objectiv von Campani probirte, entdeckte er noch zwei Monde, die sich innerhalb der schon bekannten Trabantenbahnen bewegten und daher nun die Namen des ersten und zweiten erhielten, nach unsern jetzigen Kenntnissen aber der dritte und vierte sind. Cassini machte auch bald die Bemerkung, daſs diese Monde wegen ihres öftern und langen Verweilens hinter dem Saturn und seinem Ringe und wegen ihrer immerwährenden groſsen Nähe an dem Hauptplaneten nicht mit

1 Corr. astr. II. 431. 443.

2 De Saturni luna observata nova und Systema saturnium in Hugenii opp. Tom. III. p. 541. 554.

3 Mém. de l'acad. de Paris. Tome I. p. 150. und Mém. pour l'année 1705. p. 15.

4 Mém. de Paris. Tome I. p. 159.

Digitized by Google

schwächern Fernröhren hätten aufgefunden werden können und daſs man, während die zwei am frühesten entdeckten Monde mit 13 bis 17fuſsigen Fernröhren sichtbar sind, diese nur mit Fernröhren von 70, 90, 100, 136 Fuſs beobachten könne[1]. Cassini gab diesen Sternchen den Namen Sidera ludovicea. Ungeachtet der groſsen Schwierigkeit der Beobachtung[2] haben doch schon diese ältern Beobachter, vorzüglich Cassini und Pound[3], diese kleinen Himmelskörper anhaltend genug beobachtet, um alle Umstände ihrer Bewegung ziemlich genau anzugeben. Der am leichtesten zu beobachtende sechste wurde dabei zum Grunde gelegt und aus den gröſsten Entfernungen der übrigen ihre Umlaufszeit hergeleitet. Ungeachtet der groſsen Verbesserung der Fernröhre in der spätern Zeit hielt doch auch Wargentin ein 10fuſsiges Dollond'sches Fernrohr für nöthig, um die beiden von Cassini zuletzt entdeckten Monde zu erkennen, und auch Schröter sah sie nur mit einem 10fuſsigen Dollond'schen Fernrohre oder mit noch stärkern Instrumenten. Da ein Jahrhundert verfloſs, ohne daſs ein neuer Saturnsmond entdeckt wurde, so glaubte man das Mondensystem des Saturn vollständig zu kennen; aber Herschel entdeckte am 28. Aug. 1789 einen sechsten Mond. Er sagt, schon eine frühere Beobachtung habe ihm das Daseyn eines sechsten Mondes glaublich gemacht, aber er sey gehindert worden, seine Vermuthung näher zu prüfen. An dem erwähnten Tage aber, als das 40fuſsige Teleskop auf den Saturn gerichtet wurde, zeigten sich sogleich sechs Begleiter, und das Fortrücken des Saturn lieſs noch in derselben Nacht wahrnehmen, daſs auch der sechste dem Saturn angehöre. Am 17. Sept. 1789 wurde endlich noch ein siebenter Saturnsmond ebenfalls von Herschel entdeckt. Beide vollenden ihre Bahnen innerhalb der Bahnen aller vorhin bekannten und der zuletzt entdeckte heiſst also nun der erste, der von Herschel etwas früher entdeckte der zweite; die beiden am spätesten von Cassini entdeckten sind in der Ordnung der dritte und vierte, der von Huyghens entdeckte, den man am leichtesten wahrnimmt, ist der sechste, der am frühesten von Cassini beobachtete der sie-

---

1 Mém. de Paris. Tome I. p. 415. X. p. 694.

2 Selbst Huyghens hatte sie nie mit Sicherheit erkennen können. Cosmotheoros in Hug. opp. III. p. 697.

3 Phil. Tr. for 1718. p. 769. 776. Mém. de Paris pour 1716. p. 200.

bente. Den zweiten, den gröſsten von Herschel entdeckten, hat später auch Schröter mit einem 13fuſsigen Spiegelteleskope und Struve beobachtet; der erste aber, der selbst mit dem 40fuſsigen Teleskope sehr matt erschien, den jedoch Herschel auch mit einem vorzüglich guten 20fuſsigen Spiegelteleskope wahrgenommen hat, ist wohl noch von niemand anders beobachtet worden, obgleich Schröter ihn einmal gesehen zu haben glaubt[1]. Daſs aber dieser nächste und kleinste Mond wirklich seine Bahn, so wie Herschel angiebt, durchläuft, daran kann wohl kein Zweifel seyn, da Herschel ihn nicht bloſs, als der Ring einer schmalen Linie glich, auf diesem, sondern auch entfernter vom Saturn gesehen hat und seine Abtrennung vom Ringe als ein Kriterium, daſs es ein Trabant sey, betrachtete.

Ueber die Bahnen dieser Monde sind wir nur unvollkommen unterrichtet. Erst im Jahre 1830 hat Bessel mit Hülfe seines groſsen Heliometers genaue Beobachtungen über den Lauf des sechsten Mondes angestellt, die zu genauerer Bestimmung seiner Bahn von ihm angewandt worden sind. Die scheinbaren Bahnen sind, sofern die wahren Bahnen nicht viel von der Ebene des Ringes entfernt liegen, Ellipsen, der jedesmaligen Gestalt des Ringes ähnlich, daher die Trabanten nur dann in gerader Linie neben einander und neben dem Saturn stehen, wenn der Ring uns verschwindet oder nur als eine feine Linie erscheint.

Nach den bisherigen Angaben sind die Elemente der Bahnen folgende.

	Periodische Umlaufszeiten						Synodische Umlaufszeiten				Tägliche Bewegung		
des ersten	0	Tag	22	St.	37′	33″	—	—	—	—	381°	51′	53″
des zweiten	1	-	5	-	53	9	—	—	—	—	262	43	38
des dritten	1	-	21	-	18	26	1	21	18	55	190	41	52
des vierten	2	-	17	-	44	51	2	17	45	51	131	24	42
des fünften	4	-	12	-	25	11	4	12	27	55	79	41	25
des sechsten	15	-	22	-	41	25	15	23	15	28	22	34	37
des siebenten	79	-	7	-	53	43	79	22	3	13	4	32	17

In der folgenden Tafel sind die Abstände in Meilen so berechnet, daſs des Saturn Aequatoreal-Durchmesser = 17270

1 Phil. Transact. for 1790. p. 1. 427. Schröter Beitr. zu d. astr. Entd. II. 51. 54. des Anhangs. Schumacher astr. Nachr. N. 97.

Meilen angenommen ist, der Durchmesser des Ringes = 38500 Meilen [1].

Scheinbare Abstände für die mittlere Entfernung		Wahre Abstände in Halbmessern des Ringes	Wahre Abstände in geograph. Meilen
des ersten Mondes	28″, 67	1, 42	27400
des zweiten -	36, 79	1, 83	35200
des dritten -	43, 5	2, 16	41600
des vierten -	56, 0	2, 78	53600
des fünften -	78, 0	3, 88	74700
des sechsten -	180, 0	8, 95	172300
des siebenten -	522, 5	25, 98	499800

Aus Bessel's Beobachtungen und Berechnungen geht für den sechsten Mond der mittlere scheinbare Halbmesser seiner Bahn = 176″,625 hervor und hiernach würden auch für die übrigen Monde einige Veränderungen der Angaben statt finden. Die Umlaufszeit giebt Bessel genau so an, wie die erste Tafel sie enthält, und diese Angabe ist wenig von den ältern verschieden. Die Excentricität der Bahn ist 0,0286; das Perisaturnium lag im Jahre 1830 in 243° 13′; Neigung der Bahn gegen die Ekliptik 27° 34′. Die Veränderungen, denen die Bahn durch die Anziehung der Sonne und des Ringes unterworfen ist, hat Bessel ebenfalls bestimmt [2].

Die Ebene der Bahnen der fünf innern Monde scheint wenig von der Ebene des Ringes abzuweichen, die Ebene des siebenten Mondes weicht etwa 12 Grade davon ab.

Was die natürliche Beschaffenheit dieser entfernten Weltkörper betrifft, so zog sogleich nach der Entdeckung des entferntesten Trabanten sein auffallender Lichtwechsel Cassini's Aufmerksamkeit auf sich. Kurz nach der Entdeckung des Trabanten nämlich bemerkte Cassini zu seiner Verwunderung, daſs er unsichtbar geworden war. Cassini sowohl als auch Maraldi überzeugten sich durch wiederholte Beobachtung, daſs dieses Verschwinden regelmäſsig eintrat, wenn der Mond sich in dem östlichen Theile seiner Bahn befindet, und schon Cassini schloſs hieraus, daſs dieser Mond, so wie unser Mond, immer

1 Der scheinbare Halbmesser des Ringes nach Struve 20″, 107. Bessel findet ihn nur = 19″,656.

2 Schumacher astr. Nachr. Nr. 193. 194. 195.

Digitized by Google

dieselbe Seite gegen den Saturn wende[1]. Diese wichtige Bemerkung hat sich dann auch in der Folge durch Herschel's und Schröter's Beobachtungen vollkommen bestätigt und Herschel besonders hat die Lichtwechsel genau verſolgt. Bei der groſsen Lichtstärke der Herschelschen Teleskope wurde dieser Mond zwar nie unsichtbar, aber sein Glanz nahm so ab, daſs er sich gegen den hellsten Glanz ungefähr wie Sterne der fünften Gröſse zu Sternen der zweiten Gröſse verhielt. Der ganze Verlauf dieser Lichtwechsel war genau mit der Periode des Umlaufs übereinstimmend. Wenn man von der untern Conjunction zu zählen anfängt, so erscheint der Mond am hellsten, während er sich vom 68sten bis 129sten Grade fortbewegt oder während er sich westlich am meisten vom Saturn entfernt; in dieser Gegend seiner Bahn gleicht er fast dem hellsten, sechsten Monde. Vom 7ten Grade nach der Opposition bis zur untern Conjunction ist er kleiner als der fünfte, ja kaum gröſser als der vierte. Diese Bestimmungen sind ganz den schon früh von Cassini angegebenen gleich, und da Herschel selbst durch 10 Umläufe die Erscheinungen regelmäſsig gefunden hat und auch eine Beobachtung von Bernard im Jahre 1787 damit übereinstimmt, so ist es gewiſs, daſs die Regel, daſs dieser Mond beständig einerlei Seite gegen den Saturn kehrt, richtig ist. Die dem Planeten zugekehrte Seite ist weder die dunkelste, noch die hellste; aber wie sehr wenig Licht die eine Seite zurückwerfen mag, läſst sich aus den obigen Angaben schlieſsen[2].

Obgleich aber diese Lichtwechsel so überaus regelmäſsig sind, wenn man bloſs den wesentlichsten Unterschied ins Auge faſst, so bemerkte doch auch Herschel einige zufällige Ungleichheiten, und daſs diese, wenn gleich als sehr seltene Ausnahmen, zuweilen erheblicher seyn können, hat schon Maraldi wahrgenommen, der diesen Mond im Decbr. 1705 und Januar 1706 in der Gegend seiner Bahn beobachtete, wo er sonst unsichtbar zu werden pflegt[3].

Schröter bemerkt gelegentlich, daſs auch die übrigen Monde und selbst der gröſsere von Herschel entdeckte eine

---

1 Mém. de Paris pour 1705. Hist. 121. Mém. 20; pour 1707. p. 296.
2 Phil. Transact. for 1792. p. 1.
3 Mém. de Paris pour 1707. p. 296.

Aenderung der Lichtstärke zeigen[1]. Die Gröſse dieser Monde ist noch sehr wenig bekannt; Schröter sagt, daſs man den Durchmesser des fünften 260, des sechsten 680 Meilen angeben könne.

Monde des Uranus.

Auch der Uranus hat mehrere Monde um sich. Am 11ten Jan. 1787 entdeckte Herschel zwei Monde des Uranus, deren Bahnen er kurz nachher genauer bestimmte. Später hat auch Schröter sie gesehen[2]. Diese beiden, die gröſsten, sind unter den sechs Monden des Uranus der zweite und vierte. Spätere Beobachtungen der sehr kleinen, in des Uranus Nähe sich zeigenden Sternchen führten Herschel zu der Entdeckung von noch vier Monden, deren Entdeckungstage er so angiebt: den des innersten am 18ten Jan. 1790, des dritten am 26. März 1794, des fünften am 9. Febr. 1790, des sechsten am 28. Februar 1794[3]. So selten diese Trabanten, ihrer ungemeinen Kleinheit wegen, von Herschel gesehen worden sind, so hält er doch die Beobachtungen für sicher genug, um das Daseyn dieser Monde als zuverlässig und ihre Entfernungen und Umlaufszeiten als ziemlich genau anzusehen. Nur die beiden gröſsern lieſsen sich in ihren Bahnen ordentlich verfolgen; für die übrigen gab das Verhältniſs ihres Abstandes zu dem Abstande, den die gröſsern Trabanten in eben der Gegend ihrer scheinbaren Ellipse erreichten, das Maſs der wahren Bahnen, die also nur als obenhin bekannt angesehen werden können. Selbst die beiden gröſsern sind nur zu erkennen, wenn sie dem Uranus nicht zu nahe stehen; die vier übrigen waren nur sehr selten sichtbar und nur dadurch, daſs ein Sternchen gesehen wurde und nachher an dem Orte, den ein Fixstern unverändert behalten muſste, nicht wieder zu finden war, wurde zuerst ihre Existenz geschlossen, die sodann aus dem Zusammentreffen mehrerer ähnlicher Beobachtungen, besonders um die Zeit, als die Bahnen geradlinig erschienen, sich bestätigte. Herschel's sehr groſse Vorsicht

---

1 Beiträge zu astr. Entd. II. S. 189. u. Anh. 56.

2 Phil. Transact. for 1787. p. 125. 364. Schröter's Beiträge II. Anhang 50.

3 Phil. Tr. for 1798. p. 47.

bei allen Schlüssen aus seinen Beobachtungen ist eine ziemlich sichere Gewährleistung für die Richtigkeit auch dieser Schlüsse.

Die Bahnen sind beinahe senkrecht gegen die Ebene der Uranusbahn. Herschel giebt die Neigung gegen die Ekliptik 78° 58′ an und die Knotenlinie in 165½°. Diese Bestimmung folgt aus den Beobachtungen im Jahre 1798, wo die Bahnen wie gerade Linien erschienen.

Synodische Umlaufszeiten					Entfernungen in Halbm. des Uranus	Entfernungen in geogr. Meilen
des 1ten	5 T.	21 St.	25′		13	48900
des 2ten	8 -	16 -	56	5″	16,5	62000
des 3ten	10 -	23 -	4		19,2	72200
des 4ten	13 -	11 -	8	59	22	82700
des 5ten	38 -	1 -	49		44,2	166200
des 6ten	107 -	16 -	40		86,5	325200

Die beiden fortdauernd beobachteten Monde zeigen Lichtwechsel, welche veranlassen, daſs ihr Licht bei gleichen Stellungen gegen den Hauptplaneten ein ungleiches Verhältniſs hat [1]. *B.*

Nebensonne.

Falsche Sonne; *Parhelius;* Parélie, Faux-soleil; *Mocksun;* ist eine glänzende Lufterscheinung, wobei entweder in gleicher Höhe mit der Sonne neben ihr, oder in einem durch sie gezogenen Verticalkreise über oder unter ihr oder ihr gerade gegenüber ein glänzender Fleck, ungefähr von der Gröſse der Sonne, sich zeigt. Der Glanz dieser Nebensonnen, deren man oft mehrere zugleich sieht, ist oft nicht sehr viel stärker als der Glanz der weiſsen Wolken, in welchen sie sich am häufigsten zeigen, zuweilen aber zeigen sie sich mit viel lebhafterem Glanze. Gewöhnlich sind sie farbig, fast immer aber nicht sehr strenge begrenzt.

Die am häufigsten und in der That sehr oft vorkommenden Nebensonnen sind die, welche mit den Höfen und Ringen um die Sonne verbunden sind; da ich aber von diesen im Artikel *Hof* umständlich geredet habe [2], so übergehe ich sie hier ganz.

---

1 Phil. Transact. for 1815. p. 298. Astron. Jahrb. 1819. S. 232.
2 5. Bd. V. S. 483.

Aber noch drei andere Erscheinungen, wobei sich Sonnenbilder darstellen, giebt es. Die eine findet ihre vollständige Erklärung im Art. *Strahlenbrechung*, da, wo von den ungewöhnlichen Erscheinungen der terrestrischen Strahlenbrechung die Rede ist. Dort nämlich wird gezeigt, wie Gegenstände nahe am Horizonte uns bei ungleicher Erwärmung der unteren Luftschichten doppelt, ja selbst mehrfach erscheinen können, und was von andern Gegenständen gilt, die nahe am Horizonte erscheinen, das findet auch bei der Sonne und dem Monde statt. Die Erscheinung stellt sich meistens ganz einer Spiegelung ähnlich dar und hat daher auch den nicht ganz richtigen Namen Luftspiegelung erhalten, sie erstreckt sich aber nur auf Gegenstände, die höchstens etwas mehr als 1 Grad über dem Horizonte erscheinen. Erreicht die Sonne beim Untergange diese Tiefe, so sieht man auf dem Meerhorizonte (denn schwerlich wird man über einer Erdfläche die Erscheinung sehen) ein oben convexes Sonnensegment erscheinen, wie A, und diese zweite Fig. 2.
Sonne tritt immer vollständiger aus dem Meere hervor, je tiefer die Sonne herabsinkt. Da jene steigt und diese sinkt, so begegnen sie sich, wie B zeigt, und die wahre Sonne fängt nun an, unten einen Abschnitt zu verlieren, ihr sichtbarer Theil erscheint aber unten umgekehrt an sie angesetzt, wie bei C; der noch sichtbare Theil der Sonne wird immer kleiner und so auch das Bild, so wie D, E es zeigen; endlich verschwinden Sonne und Bild zugleich. Die Erscheinung findet über dem Meere statt, wenn das Wasser wärmer als die Luft ist. Erstreckt sie sich nur auf sehr niedrige Gegenstände, so ist sie so wie B, C, Fig. 3.
D sie, den auf einander folgenden Zeitpuncten gemäſs, zeigen[1].

Eine Verdoppelung der Bilder oberwärts kann auf ähnliche Weise dann statt finden, wenn die obere Luft wärmer als die untere ist. Die Erscheinungen sind dann ungefähr so wie die Zeich- Fig. 4.
nung sie darstellt, daſs nämlich ein umgekehrtes und ein zweites aufrechtes Bild oberhalb der Sonne sich darstellt[2]. Beide Erscheinungen können also Gelegenheit zu der Wahrnehmung

---

1 Eine Beobachtung dieser Erscheinung, die ich übrigens mehrmals gesehen habe, giebt Büsch an: Tractatus duo optici argumenti. Hamburg 1783. und G. III. 296.

2 Brandes Beobachtungen über die Strahlenbrechung. Oldenb. 1807. S. 126.

Digitized by Google

einer Nebensonne geben, aber nicht zugleich zu einer Nebensonne oberhalb und zu einer Nebensonne unterhalb der Sonne, und dieses ist der Grund, warum man die folgenden Beobachtungen als einer andern Erklärung bedürfend ansehen muſs.

Von dieser zweiten Art von Nebensonnen finde ich nur sehr wenige Beobachtungen. Malezieu giebt folgende Beschreibung der Erscheinung. Am 24. Oct. 1722 Abends nach einem ziemlich warmen Tage sah er drei glänzende, gut begrenzte Sonnen, die gerade über einander standen und sich genau berührten; die eine berührte mit ihrem unteren Rande den Horizont, die mittlere war die wahre Sonne; sie gingen nach der Reihe unter, und als die dritte noch allein über dem Horizonte stand, erschien diese so hell, daſs man sie für die wahre Sonne gehalten hätte, wenn nicht diese eben vorher als untergehend wäre gesehen worden. Während die drei Sonnen erschienen, sahen alle Gegenstände ganz feurig aus[1].

Eine sehr ähnliche Erscheinung sah Rothmann am 2ten Jan. 1586 und Cassini am 31sten Januar 1693 bei Sonnenaufgang. Bei beiden Erscheinungen war ein verticaler, über die obere Nebensonne hinaufgehender heller Streif, der sich auch, als die dritte Sonne aufgegangen war, bis unter diese herab erstreckte. Ungefähr 20 Min. nach dem Erscheinen der ersten verschwanden bei Cassini's Beobachtung beide Nebensonnen, bei Rothmann's Beobachtung blieben sie noch länger sichtbar[2]. Cassini führt hierbei noch eine Beobachtung von Chazelles an, die indeſs bedeutend verschieden ist, indem die aufgehende Sonne (oder eine Nebensonne) plötzlich erschien, dann zum Horizont zurückkehrte und nun erst die Sonne wie gewöhnlich aufging. Nach dem Aufgange der wirklichen Sonne erschien diese wie auf einem glänzenden Fuſsgestelle stehend.

Auch Hevel hat einmal kurz vor Sonnenuntergang eine Nebensonne nahe unter der wahren Sonne gesehen. Die Sonne stand oberhalb einer schmalen Wolke, die Nebensonne unter derselben; jene näherte sich dieser und kam endlich mit ihr zusammen, wobei, wie die Zeichnung wenigstens andeutet, die Nebensonne in gleicher Höhe muſs geblieben seyn. Auch hier ging ein heller Streif hinaufwärts[3].

---

1 Mém. de l'acad. de Paris pour 1722. Hist. 13.

2 Mém. de l'acad. de Paris. X. 234. Hugenii opp. rel. II. 48.

3 Phil. Tr. IX. for the year 1674. p. 26.

Digitized by Google

Ich geſtehe, daſs ich dieſe Erſcheinungen noch gar nicht zu erklären weiſs. FRAUNHOFER bemerkt, da man durch ein Gitter von horizontalen Fäden oberhalb und unterhalb der Sonne zwei Sonnenbilder und bei nicht völlig gleicher Entfernung der Fäden dieſe nur wenig farbig und einen verticalen, weiſsen Lichtſtreif ſehe, ſo liege hierin eine Erklärung der Erſcheinung. Allerdings, wenn Dunſtkügelchen ſo lägen, daſs ſie abgeriſſene horizontale Parallellinien mit ziemlicher Regelmäſsigkeit darſtellten, ſo könnten zwei Nebenſonnen und ein Lichtſtreif erſcheinen; aber der Grund, warum man, wie FRAUNHOFER ſagt, „leicht einſieht, daſs eine ſolche Lage ſtatt finden muſs," iſt mir nicht klar; ich möchte daher lieber es als etwas zufälliges, das wohl einmal ſtatt finden kann, anſehen und dann die Erklärung annehmen, jedoch bleiben auch dann noch einige Umſtände unerklärt[1].

Endlich muſs ich noch eine auſser den gewöhnlichen Nebenſonnen vorkommende dritte Art von Nebenſonnen erwähnen, die FALLOWS beobachtet hat[2]. Hier ſtanden die Nebenſonnen horizontal neben der Sonne, vier an der einen, drei an der andern Seite, ungefähr um einen Sonnendurchmeſſer von einander entfernt und, wie die Zeichnung angiebt, die entfernteren kleiner. Man könnte hier ſolche verticale Linien, ein aus Verticalfäden beſtehendes Netz, annehmen, wie FRAUNHOFER in horizontalen Linien geordnete Dünſte, ſo wäre die Erſcheinung mit der vorigen in Verbindung geſetzt[3]; aber es bleibt immer zweifelhaft, ob dieſe, doch etwas willkürliche, Vorausſetzung die richtige ſey.

Daſs *Nebenmonde* unter ähnlichen Umſtänden auch entſtehen könnten, iſt wohl gewiſs; ich finde aber keine Beobachtung von Nebenmonden, die den beiden letzten Arten von Nebenſonnen entſprächen; dagegen iſt mir keine ſolche Beobachtung von der Sonne bekannt, wie die, welche ich im Art. *Nebenmonde* angeführt habe. *B.*

---

1 FRAUNHOFER's Theorie der Höfe, in Schumacher's aſtron. Abh. 3. Heft. S. 80.

2 Poggend. Ann. II. 440.

3 FRAUNHOFER nimmt S. 84. etwas ähnliches an.

Digitized by Google

Nebenwohner.

Perioeci; Perioeciens; *Perioecii;* heiſsen diejenigen Bewohner der Erde, welche sich unter gleichen Graden der Breite, aber in einem 180 Grad der Länge betragenden Abstande von einander befinden, bei denen also die geographische Breite die nämliche, die geographische Länge aber um 180 Grad verschieden ist. Sie befinden sich also unter der nämlichen Polhöhe oder auf dem nämlichen Parallele (Parallelkreise) und in dem nämlichen, aber entgegengesetzten, Meridiane. Um daher für einen gegebenen Erdbewohner den Ort seines Nebenwohners zu finden, darf man nur auf einem Globus oder einer Planiglobcharte den ihm zugehörigen Breitengrad (Parallelkreis) aufsuchen und von dem diesem zugehörigen Meridiane 180 Grade östlich oder westlich abmessen, um den gesuchten Ort zu erhalten. Die Nebenwohner haben also gleiche Polhöhen, gleiche Tagslängen und ein gleiches geographisches Klima, aber die Stunden des Tages und der Nacht sind einander gerade entgegengesetzt, so daſs es bei den einen Mittag ist, wenn die andern Mitternacht haben. Für die Bewohner von Paris z. B. fällt der Ort ihrer Nebenwohner in den groſsen nördlichen Ocean zwischen Asien und America unter die aleutischen Inseln. *M.*

Neigung der Bahn.

Inclinatio orbitae; Inclinaison de l'orbite; *Inclination of the Plane of a Planet's Orbit;* ist der Flächenwinkel, den die Ebene einer Planeten- oder Kometenbahn mit der Ebene der Ekliptik bildet. Da die Ebenen aller dieser Bahnen durch den Mittelpunct der Sonne gehen, so ist ihre gemeinschaftliche Durchschnittslinie, ihre *Knotenlinie*, allemal eine durch die Sonne gehende Linie und alle Planeten und Kometen durchlaufen heliocentrisch[1] gröſste Kreise an der Himmelskugel; die sphärischen Winkel, unter welchen diese heliocentrischen scheinbaren Bahnen sich schneiden, sind gleich der Neigung der Bahnen, also gleich der Neigung gegen die Ekliptik, wenn die Erdbahn eine jener Bahnen ist. Auch in

1 S. *Ort, heliocentrischer.*

Digitized by Google

Beziehung auf die Bahnen der Monde und auf den Ring des Saturn spricht man von einer Neigung gegen die Ebene der Bahn des Hauptplaneten.

Wenn man den heliocentrischen Ort eines Planeten oder Kometen beobachten könnte, so ergäbe die beobachtete gröſste Entfernung von der Ekliptik oder die gröſste heliocentrische Breite sogleich die Neigung der Bahn; sofern aber diese aus Beobachtungen auf der Erde abgeleitet werden muſs, ist sie etwas schwieriger zu bestimmen. Indeſs da man die Umlaufszeit eines Planeten und seinen verhältniſsmäſsigen Abstand von der Sonne aus Beobachtungen, die keine Kenntniſs der Neigung voraussetzen, kennt, da man ferner den Zeitpunct und daraus auch den Ort der Bahn kennt, wo sich der Planet im Knoten befindet, wo er nämlich auch geocentrisch in der Ekliptik selbst erscheint, so kann jede Beobachtung, wo der Planet vom Knoten entfernt ist, dazu dienen, um die Neigung zu bestimmen. Wäre z. B. der Planet P mit der Sonne S in Opposition, so ist offenbar, daſs seine heliocentrische Breite P S Q aus der geocentrischen Breite P E Q durch die Formel $\text{Sin. PSQ} = \frac{\text{PE}}{\text{PS}} \cdot \text{Sin. PEQ}$ gefunden wird. Aus der zugleich bekannten heliocentrischen Breite P Q und dem heliocentrischen Abstande vom Knoten = A P aber ist die Neigung P A Q leicht zu finden. Fig. 5. Fig. 6.

Die geocentrische Breite kann gröſser als die Neigung der Bahn seyn, und dieses desto mehr, je kleiner P E gegen P S ist. Fig. 5.

Für die einzelnen Planeten ist die Neigung der Bahn in den diese Planeten betreffenden Artikeln angegeben. Die Kometenbahnen haben sehr ungleiche Neigungen gegen die Ekliptik.

B.

Neigung der Magnetnadel; Neigungs-Compaſs; Neigungs-Nadel; s. Magnet.

Neumond.

Novilunium, Neomenia; nouvelle Lune; *new Moon.*

Wenn im Laufe der Mondphasen sein immer schmaler werdender erleuchteter Theil endlich ganz verschwindet und dann nach einigen Tagen sich der schmale sichelförmige

Mond wieder zeigt, womit dann seine Erscheinungen des allmäligen Zunehmens und nachher des Abnehmens sich erneuern, so sagt man, der Mond sey neu geworden, es sey Neumond gewesen. Im strengeren Sinne ist der Augenblick des Neumondes derjenige, wo Mond und Sonne gleiche Länge haben und wo daher der Mond, weil er nahe bei der Sonne steht und uns seine dunkle Seite zuwendet, völlig unsichtbar ist. Befindet er sich genau zu dieser Zeit oder sehr kurze Zeit vor oder nach dem Neumonde in seinem Knoten, so tritt eine Sonnenfinſterniſs ein und der Mond erscheint vor der Sonne.

Kurz nach dem Neumonde wird der Mond am Abendhimmel wieder sichtbar. Am leichtesten wird er bald nach dem Neumonde in den Frühlingsmonaten gesehen, weil dann die Ekliptik und die nicht viel von ihr abweichende Mondbahn beim Untergange der Sonne einen groſsen Winkel mit dem Horizonte machen und daher der Mond schon bei geringem Abstande von der Sonne ziemlich lange nach Sonnenuntergang über dem Horizonte verweilt. Hat der Mond dann überdieſs eine nördliche Breite, so ist sein frühes Erscheinen noch mehr begünstigt, und dieses am meisten, wenn er zugleich in der Erdnähe ist und sich daher schneller in seiner Bahn fortbewegt. Hevel bemerkt, daſs er den Mond nicht früher als 40 Stunden nach der Conjunction und nicht später als 27 Stunden vor der Conjunction gesehen habe, daſs aber bei dem Zusammentreffen aller günstigen Umstände, selbst in der nördlichen Lage seines Beobachtungsortes, es möglich sey, den Mond schon 24 Stunden vor oder nach dem Augenblicke des wahren Neumondes zu sehen. In Gegenden, die dem Aequator näher sind, ist es eher möglich ihn früher zu sehen, zumal da eine gröſsere Heiterkeit der Luft in manchen südlichern Gegenden gestattet, selbst einen sehr schmalen erleuchteten Rand in der Abenddämmerung zu sehen. Nach den von Hevel angeführten Zeugnissen ist in südlichern Gegenden, jedoch auch da sehr selten, der Mond zuweilen an demselben Tage als alter und neuer Mond, des Morgens kurz vor Sonnenaufgang, des Abends kurz nach Sonnenuntergang, gesehen worden [1]. Dieses kann offenbar in der nördlichen Halbkugel nur statt finden, wenn der Mond eine groſse nördliche Breite hat und daher gegen fünf Grade ober-

---

1 Hevelii selenographia. p. 275. 276.

halb der Sonne vorbeigeht. Gewöhnlich erscheint er erst am dritten Tage nach dem Neumonde. Wenn er im Frühlinge sehr kurze Zeit nach Sonnenuntergang erscheint, so ist sein erleuchteter Rand fast ganz nach unten gekehrt.

Die Völker, die ihre Zeit nach dem Monde bestimmen, achten sehr auf sein erstes Erscheinen, und diese erste Erscheinung diente bei den alten Völkern zur Regulirung ihrer Feste und Zeitrechnung [1].

Wenn nach dem Neumonde der Mond schon bis gegen Ende der Dämmerung über dem Horizonte bleibt, so sieht man auch die nicht von der Sonne erleuchtete Seite sehr deutlich. Sie zeigt sich in einem matten Lichte, das man das *aschfarbige Licht* (*lumière cendrée*) genannt hat [2], und dieses Licht ist desto heller, je näher nach dem Neumonde, übrigens bei recht heiterer Atmosphäre, die Beobachtung angestellt wird. Daſs dieses die Erleuchtung durch das Licht der Erde ist, leidet keinen Zweifel [3]. Die Mondbewohner sehen die Erde in vollem Lichte oder ihre ganze erleuchtete Seite, wenn wir Neumond haben, und auch wenige Tage nachher hat das Erdenlicht noch wenig abgenommen; dieses erleuchtet die Gegenstände auf der Nachtseite des Mondes hinreichend, um sie uns in diesem Dämmerlichte zu zeigen, ja sogar um einzelne Berge, die das Licht vorzüglich gut zurückwerfen, bei der Beobachtung mit lichtstarken Fernröhren kenntlich zu machen [4]. Schröter macht in Beziehung auf diese Erleuchtung durch Erdenlicht noch die Bemerkung, daſs zwar die Stellung des Mondes im März und April nach dem Neumonde Abends eben so günstig zur Beobachtung der Nachtseite sey, als im August und September Morgens vor dem Neumonde; daſs man aber dennoch im letztern Falle die Nachtseite schöner sehe, weil alsdann das feste Land von Asien, Africa und Europa erhellt dem Monde zugewandt sey, und dieses sende ihm weit mehr Licht zu, als das atlantische Meer, welches Abends nach dem Neumonde dem Monde

---

1 Ideler Handbuch der Chronologie. I. S. 262. 279. 512.

2 Hevel nennt es sehr passend lumen secundarium.

3 Möstlin wird als der erste angesehen, der diese Erklärung gab; doch hat Leonardo da Vinci sie früher gekannt. De Zach Corr. astr. VII. 127.

4 Schröter's selenotopogr. Fragmente. §. 425—448. 460.

Digitized by Google

zugewandt ist; der Unterschied ist nach Schröter's Beobachtung sehr merklich, und auch Galilei soll ihn schon wahrgenommen haben[1]. *B.*

Neunzigster.

Nonagesimus; le Nonagésime; *the Ninetieth;* der neunzigste Grad der Ekliptik vom Horizonte an gerechnet.

Da die Ekliptik ein gröſster Kreis ist, so schneidet sie den Horizont immer so, daſs die Durchschnittspuncte 180° von einander entfernt sind, und der Neunzigste bezeichnet daher die Mitte zwischen beiden im Horizonte liegenden Puncten der Ekliptik, wo sie sich zugleich am höchsten über dem Horizonte erhebt. Jene Durchschnittspuncte der Ekliptik verändern in jedem Augenblicke ihre Stelle im Horizonte und der Nonagesimus liegt daher auch zu verschiedenen Zeiten in verschiedenen Gegenden über dem Horizonte; auch seine Höhe ist veränderlich. Wenn gerade die Nachtgleichenpuncte im Aufgehen und Untergehen sind, so liegt der Nonagesimus im Meridiane, und seine Höhe ist = Aequatorshöhe $\pm$ Schiefe der Ekliptik, wo das obere Zeichen gilt, für unsere Halbkugel, wenn die nördliche Hälfte der Ekliptik über dem Horizonte ist, das untere Zeichen, wenn die südliche Hälfte über dem Horizonte ist. Um seine Lage zu anderer Zeit zu finden, dienen folgende Ueberlegungen.

Fig. 7. Es sey HZR der Meridian, HR der Horizont, AQ der Aequator, ESLOC die Ekliptik, O der Frühlingsnachtgleichenpunct, L der untergehende, S der höchste Punct der Ekliptik, so heiſst OLS die Länge, ST die Höhe des Nonagesimus und ST ist das Maſs des *Winkels des Aufgangs*, das ist desjenigen Winkels SLT, den die Ekliptik mit dem Horizonte macht. Da man für jeden bestimmten Augenblick die Rectascenſion der Mitte des Himmels oder den Bogen OA kennt, so will ich diesen als bekannt = A, folglich OM = A — 90° setzen; der Winkel LMO ist der unveränderliche Winkel des Aequators mit dem Horizonte = 90° — φ, wenn φ die Polhöhe ist, und der Winkel MOL = ε ist die Schiefe der Ekliptik. Man findet OL am leichtesten durch die Nepperschen Regeln, nach

1 Schröter Fragm. §. 14.

welchen $\text{Tang.}\ \frac{1}{2}(ML + OL) = \text{Tang.}\ \frac{1}{2} OM \frac{\text{Cos.}\ \frac{1}{2}(M - O)}{\text{Cos.}\ \frac{1}{2}(M + O)}$;

$\text{Tang.}\ \frac{1}{2}(OL - ML) = \text{Tang.}\ \frac{1}{2} OM \frac{\text{Sin.}\ \frac{1}{2}(M - O)}{\text{Sin.}\ \frac{1}{2}(M + O)}$; oder

$$\text{Tang.}\ \frac{1}{2}(ML + OL) = \frac{\text{Tang.}(\frac{1}{2}A - 45^\circ)\ \text{Cos.}(45^\circ - \frac{1}{2}\varphi - \frac{1}{2}\varepsilon)}{\text{Cos.}(45^\circ - \frac{1}{2}\varphi + \frac{1}{2}\varepsilon)}$$

und $\text{Tang.}\ \frac{1}{2}(OL - ML) =$

$$\frac{\text{Tang.}(\frac{1}{2}A - 45^\circ)\ \text{Sin.}(45^\circ - \frac{1}{2}\varphi - \frac{1}{2}\varepsilon)}{\text{Sin.}(45^\circ - \frac{1}{2}\varphi + \frac{1}{2}\varepsilon)}.$$

Hieraus ist OL, folglich auch $OS = 90^\circ + OL$, als Länge des Nonagesimus, bekannt, und man findet den Winkel MLO, welcher die Ergänzung zu 180° für den Winkel des Aufgangs oder für die Höhe des Nonagesimus = h ist, durch die Formel:

$$\text{Tang.}\ \frac{1}{2} h = \text{Tang.}(45^\circ - \frac{1}{2}\varphi - \frac{1}{2}\varepsilon) \frac{\text{Sin.}\ \frac{1}{2}(OL + ML)}{\text{Sin.}\ \frac{1}{2}(OL - ML)}.$$

Wenn man diese Formeln auf einzelne Fälle anwendet, so ist es vortheilhaft, die gemäſsigte, die heiſse und die kalte Zone zu unterscheiden. In der gemäſsigten Zone ist die Aequatorshöhe gröſser als die Schiefe der Ekliptik und auch die Polhöhe gröſser als die Schiefe der Ekliptik, in der kalten Zone ist dagegen $90^\circ - \varphi < \varepsilon$, in der heiſsen $\varphi < \varepsilon$. Wenn $90^\circ - \varphi > \varepsilon$ ist, so wird $45^\circ - \frac{1}{2}\varphi - \frac{1}{2}\varepsilon$ positiv, und es hängt daher das Zeichen von $\text{Tang.}\ \frac{1}{2}(OL - ML)$ und $\text{Tang.}\ \frac{1}{2}(OL + ML)$ nur von $\text{Tang.}(\frac{1}{2}A - 45^\circ)$ ab. Da $ML + OL$ nicht über 180° seyn kann, wenn man OL immer als den kürzesten Bogen vom Frühlingsnachtgleichenpuncte bis zum Horizonte ansieht, so kann die Tangente dieser halben Summe nur dann negativ werden, wenn diese halbe Summe selbst negativ ist, oder, da beide Gröſsen zugleich negativ werden, nur dann, wenn O oberhalb des Horizontes und zugleich L gegen Süden vom Westpuncte M an gerechnet liegt. Ist also $A > 90^\circ$, so ist OL positiv, d. h. der Nachtgleichenpunct liegt, wie der Normalfall der Figur ihn annimmt, unterhalb des Horizontes im Westen, und der höchste Punct der Ekliptik liegt westlich vom Meridiane, zugleich aber der culminirende Punct der Ekliptik im zweiten Quadranten. Ist $A < 90^\circ$, so sind OL, ML beide negativ; O liegt oberhalb des Horizontes im Westen (weil M der Untergangspunct des Aequators ist), der Nonagesimus liegt östlich vom Meridiane und der culminirende Punct der Ekliptik im ersten Quadranten. Ist $A > 180^\circ$, aber $< 270^\circ$,

Digitized by Google

so bleibt noch immer Tang. $(\frac{1}{2} A - 45^\circ)$ positiv, und während der culminirende Punct der Ekliptik im dritten Quadranten ist, bleibt der Punct L auf der nördlichen Seite des Westpunctes, darum aber auch der Nonagesimus westlich vom Meridiane. Endlich wenn $A > 270^\circ$, der culminirende Punct im vierten Quadranten ist, so wird Tang. $(\frac{1}{2} A - 45^\circ)$ negativ und ML, LO sind beide negativ, woraus also wieder erhellt, daſs der untergehende Punct der Ekliptik südlich vom Westpuncte, ihr aufgehender Punct nördlich vom Ostpuncte liegt, also der Nonagesimus östlich vom Meridiane. Er liegt also östlich vom Meridiane, wenn der culminirende Punct sich im vierten oder ersten Quadranten d. h. in den Zeichen befindet, wo die Sonne bei ihrem Laufe in der Ekliptik sich dem Nordpole nähert, oder wenn der Frühlingspunct über dem Horizonte ist. Die Höhe des Nonagesimus nimmt zu, wenn $\frac{\text{Sin.} \frac{1}{2} (OL + ML)}{\text{Sin.} \frac{1}{2} (OL - ML)}$ zunimmt, und ist also am gröſsten, wenn dieser Quotient am gröſsten ist. Wenn OL und ML sehr klein sind, so kann man diese Seiten den Sinus der gegenüberstehenden Winkel proportional setzen, also

$$\frac{\text{Sin.} \frac{1}{2}(OL + ML)}{\text{Sin.} \frac{1}{2}(OL - ML)} = \frac{OL + ML}{OL - ML} = \frac{\text{Sin.}\,(90^\circ - \varphi) + \text{Sin.}\,\varepsilon}{\text{Sin.}\,(90^\circ - \varphi) - \text{Sin.}\,\varepsilon}$$

$$= \frac{\text{Tang.}\,(45^\circ - \frac{1}{2}\varphi + \frac{1}{2}\varepsilon)}{\text{Tang.}\,(45^\circ - \frac{1}{2}\varphi - \frac{1}{2}\varepsilon)};$$

daraus wird für $OL = ML = 0$, $h = 90^\circ - \varphi + \varepsilon$, und es läſst sich auch zeigen, daſs für $OL = 180^\circ$, $h = 90^\circ - \varphi - \varepsilon$ ist. Jener erste Werth ist der gröſste, den dieser Quotient erlangen kann, denn da $\frac{\text{Tang.} \frac{1}{2} (OL + ML)}{\text{Tang.} \frac{1}{2} (OL - ML)}$ nach den obigen Formeln einen unveränderlichen Quotienten giebt, so ist $\frac{\text{Sin.} \frac{1}{2} (OL + ML)}{\text{Sin.} \frac{1}{2} (OL - ML)} = \text{Const.} \frac{\text{Cos.} \frac{1}{2} (OL + ML)}{\text{Cos.} \frac{1}{2} (OL - ML)}$ allemal kleiner, als in dem Falle, wo $OL = ML = 0$ ist.

Für die heiſse Zone ist $\varphi < \varepsilon$, also $45^\circ - \frac{1}{2}\varphi + \frac{1}{2}\varepsilon$ gröſser als 45°, und wenn man für Tang. $\frac{1}{2}$ h die Formel

$$\text{Tang.} \tfrac{1}{2} h = \frac{\text{Cos.} \frac{1}{2} (OL + ML)}{\text{Cos.} \frac{1}{2} (OL - ML)} \text{Tang.}\,(45^\circ - \tfrac{1}{2}\varphi + \tfrac{1}{2}\varepsilon)$$

nimmt, so ist Tang. $\frac{1}{2}$ h gröſser als $\frac{\text{Cos.} \frac{1}{2} (OL + ML)}{\text{Cos.} \frac{1}{2} (OL - ML)}$. Da nun dieser Quotient $= 1$ werden kann, welches geschieht,

wenn $OL = ML = 0$ ist, so kommt $h > 90°$ heraus, und es kann offenbar die Ekliptik so liegen, daſs ihr höchster Punct vom südlichen Horizonte mehr als 90° entfernt ist.

Für die kalte Zone ist die Aequatorshöhe kleiner als die Schiefe der Ekliptik und folglich Sin. $(45° - \frac{1}{2}\varphi - \frac{1}{2}\varepsilon)$ und Tang. $(45° - \frac{1}{2}\varphi - \frac{1}{2}\varepsilon)$ negativ, weil $\varepsilon > 90° - \varphi$. Hier ist also Tang. $\frac{1}{2}(OL - ML)$ negativ, wenn $A > 90°$ und $< 270°$, d. h. $ML > OL$ ist, was auch schon aus $O > M$ hervorgeht; für $A < 90°$ oder $> 270°$ werden OL, ML beide negativ und daher $OL - ML$ positiv, weil, der absoluten Gröſse nach, $ML > OL$ bleibt. ML kann hier 90° werden, d. h., der Aufgangspunct oder Untergangspunct der Ekliptik rückt durch den halben Umfang des Horizontes fort, und der Nonagesimus kann im Norden und im Süden liegen. Auf dem Polarkreise selbst ist $90° - \varphi = \varepsilon$, daher $OL = ML$, und es wird $h = 0$, wenn $A = 270°$ ist; dieser Werth giebt nämlich Tang. $\frac{1}{2}(ML + OL)$ = Tang. 90°, also hier $ML = 90°$, und Tang. $\frac{1}{2}h$ = Tang. $(45° - \frac{1}{2}\varphi + \frac{1}{2}\varepsilon) \frac{\text{Cos. } ML}{\text{Cos. } 0°} = 0$, woraus $h = 0$ folgt. Wenn der Herbstnachtgleichenpunct untergeht oder $A = 270°$ ist, so liegt auf dem Polarkreise die ganze Ekliptik im Horizonte und der Winkel des Aufgangs oder h ist $= 0$.

Die Bestimmung des Nonagesimus wird bei der Berechnung der Parallaxe, sofern diese in Beziehung auf die Ekliptik gesucht wird, gebraucht. *B.*

Neutralisation.

Neutralisatio; Neutralisation; *Neutralisation;* die bei der chemischen Verbindung zweier Stoffe eintretende wechselseitige Ausgleichung ihrer entgegengesetzten Eigenschaften, die sich bei einem gewissen Verhältnisse, dem Neutralisationspuncte, am vollständigsten zeigt und vorzüglich bei der Verbindung der Säuren mit den Alkalien und andern Salzbasen vorkommt. *G.*

Nichtleiter s. Leiter.

Nickel.

Niccolum; Nickel; *Nickel.*

Ein zuerst 1751 von Cronstedt unterschiedenes, aber erst in

neuerer Zeit im reinen Zustande dargestelltes, dem Kobalt sehr verwandtes Metall, welches sich im Meteoreisen, Kupfernickel, Haarkies, Nickelglanz, Nickelspieſsglanzerz, Nickelocher und der Nickelschwärze findet. Es ist grauer als Silber und weiſser als Stahl, nach Tupputi von 8,8 specifischem Gewicht, dehnbar und zu feinem Drath ausziehbar, strengflüssiger als Gold und leichtflüssiger als Stabeisen. Es wird vom Magnete gezogen und läſst sich durch dieselben Mittel attractorisch machen, wie das Eisen, und zwar verhält sich seine magnetische Kraft zu der des Eisens nach Lampadius = 7:11, nach Wollaston = 2 bis 3:8 bis 9, und es verliert nach Tourte den Magnetismus durch mehrmaliges Glühen.

Das Nickel bildet mit Sauerstoff ein Oxyd und ein Hyperoxyd. Das *Nickeloxyd* (29,5 Nickel auf 8 Sauerstoff) ist ein graues, nicht magnetisches Pulver. Es bildet mit Wasser ein apfelgrünes Hydrat und liefert mit Säuren Salze, welche in wasserhaltigem Zustande smaragdgrün und apfelgrün, im entwässerten gelb gefärbt sind. Ihre wässerige Lösung wird durch ätzendes Kali apfelgrün, durch kohlensaures grünlichweiſs und durch hydrothionsaures schwarz gefällt; ätzendes Ammoniak führt die grüne Farbe der Lösung ohne alle Fällung in die violette über; der durch kohlensaures Kali oder Ammoniak bewirkte Niederschlag löst sich in einem Ueberschusse derselben mit grünblauer Farbe auf; Eisen und freie Hydrothionsäure bewirken keine Fällung. Das *salpetersaure* Nickeloxyd krystallisirt in zerflieſslichen smaragdgrünen Säulen; das *schwefelsaure* bald in Quadratoktaedern, bald in geraden rhombischen Säulen, und das *kohlensaure* ist ein blaſsapfelgrünes, nicht in Wasser lösliches Pulver. Mit schmelzendem Borax liefert das Nickeloxyd ein gelbes Glas. Das *Nickelhyperoxyd* (29,5 Nickel auf 12 Sauerstoff) ist eine schwarze Masse von muscheligem, glänzendem Bruche.

Das *Chlornickel* ist citrongelb und löst sich in Wasser zu salzsaurem Nickeloxyd, welches in kleinen, grasgrünen, zerflieſslichen, wasserhaltigen Krystallen anschieſst. Das *Schwefelnickel*, welches natürlich als Haarkies vorkommt, ist speisgelb und nicht magnetisch. Das *Phosphornickel* ist weiſs, metallglänzend, spröde, leicht schmelzbar und ebenfalls unmagnetisch. Durch Aufnahme von Kohlenstoff beim Schmelzen mit

Kohle wird das Nickel zwar spröde, verliert aber nicht seinen Magnetismus. *G.*

N i v e l l i r e n.

Auch wohl: Waſserwägen; *Libellatio*, *Libratio aquarum* (Vitruv.); Nivellement; *Levelling.*

Die Bestimmung gleich hoch liegender Puncte und die daran geknüpfte Bestimmung, um wieviel zwei gegebene Puncte an Höhe über der Erde verschieden sind, geschieht durch Nivelliren. Der Zweck desselben ist, entweder eine gegebene Ebene, z. B. die Tafel des Meſstisches bei Messungen, horizontal zu stellen, oder in gröſseren Entfernungen eine Reihe von Puncten anzugeben, deren Höhe entweder gleich oder in bestimmtem Maſse verschieden ist.

Mittel zur Horizontalstellung eines Instruments.

Um den ersten Zweck zu erfüllen, bedient sich der gewöhnliche Maurer, Zimmermann u. s. w. der Setzwaage, eines Instruments, das eine ebene Fläche als Basis hat, über welcher sich eine gegen diese senkrechte Tafel erhebt, auf der eine gegen die Grundfläche senkrechte Linie gezogen ist; in einem Puncte dieser Linie ist ein Faden, an welchem ein Gewichtchen hängt, befestigt, und das Einspielen dieses Fadens auf jene Linie zeigt, daſs die Linie vertical, also die Grundlinie des Instruments horizontal ist. Wo es nur darauf ankommt, einen Stein oder Balken horizontal zu legen, gewährt dieses Instrument hinreichende Genauigkeit.

Zu genauerem Gebrauche wendet man die Niveaus mit der Luftblase an. Ist es nur die Absicht, den Meſstisch horizontal zu stellen, wobei es nicht auf die strengste Genauigkeit ankommt, so reicht ein rundes Niveau, wo die Luftblase sich in die Mitte stellt, zu. Ein niedriges cylindrisches Gefäſs, oben mit einem Uhrglase geschlossen und mit Weingeist oder gefärbtem Wasser so weit gefüllt, daſs nur ein kleiner Raum frei bleibt, ist an der Grundfläche so abgeglichen, daſs die Ebene der Grundfläche parallel mit dem höchsten Theile des oben schlieſsenden, eine convexe Oberfläche darbietenden Uhrglases ist; steht also die Luftblase genau in diesem höchsten Theile

Digitized by Google

des Glases, so ist die Grundfläche des Niveau's, mithin auch die Fläche, worauf es steht, horizontal, mit einer Genauigkeit, die für eine Menge von Fällen zureichend ist.

Zur sehr genauen Aufstellung eines astronomischen Instruments kann sowohl das herabhängende Loth, als das Niveau mit der Luftblase dienen. Das erstere wird noch oft bei Instrumenten, die zur Abmessung der Zenithdistanzen bestimmt sind, angewandt, und es dient da, um das Instrument so zu stellen, daſs die vom Mittelpuncte zu dem ersten Theilungspuncte gehende Linie genau vertical sey. Dieses Loth besteht am besten aus einem Silberfaden, woran ein mit Schrot beschwertes Eimerchen hängt, und das letztere läſst man in ein mit Wasser gefülltes Glas hängen, damit das Wasser die allzulange dauernden Oscillationen des Lothes hindere; jedoch muſs das Eimerchen ganz eingetaucht und das Wasser rein seyn, damit der Widerstand des Wassers nicht zu sehr hemmend wirke. Dieser Faden muſs genau vor dem auf dem Instrumente bezeichneten Puncte einspielen, und da hier einiger Abstand des Fadens von der Ebene des Instruments unvermeidlich ist, so kann die Parallaxe des Auges, selbst wenn das Auge nur wenig von der durch den bezeichneten Punct gehenden, auf der Ebene des Instruments senkrechten Ebene entfernt ist, merklichen Nachtheil bringen. Um diesem Nachtheile gänzlich auszuweichen, hat Ramsden ein sinnreiches Mittel angewandt, indem er durch ein convexes Glas von kurzer Brennweite ein Bild des auf dem Instrumente bezeichneten Punctes genau in dem Abstande von der Ebene des Instruments hervorbringt, wo sich der Faden befindet; indem man also mit einem Oculare beobachtet, ob der Faden durch die Mitte dieses Bildes geht, ist man der Gefahr einer Parallaxe gar nicht ausgesetzt, weil Faden und Bild wirklich zusammenfallen. Der Punct, der sich im Bilde darstellen soll, ist auf einer kleinen Perlmutterscheibe auf dem Instrumente angebracht, und diese kann durch eine geringe Aenderung ihrer Stellung genau in diejenige Lage gebracht werden, welche sie haben muſs, damit das Bild ganz genau der richtigen Lage des Lothes entspreche. Diese Einrichtung heiſst bei den Engländern Ramsden's Geist (*Ramsden's ghost*), weil man nicht einen wirklichen Gegenstand, sondern nur sein Bild sieht.

Von noch ausgedehnterem Gebrauche ist das Niveau mit der Luftblase (*niveau à bulle d'air*), die Libelle. Es besteht

Digitized by Google

aus einer cylindrischen Glasröhre, die gröſsten Theils mit Spiritus gefüllt und, nachdem sie hermetisch geschlossen worden, auf einer mit der Axe des Cylinders parallelen Grundfläche AB Fig. 8. befestigt ist. Hat dann die Axe des Cylinders eine horizontale Lage, so muſs die Luftblase CD in der bei EF sichtbaren Flüssigkeit in der Mitte stehen, und diese Stellung zeigt also, daſs diese Ebene, auf welcher das Niveau mit seiner Grundfläche AB steht, nach der Richtung des Niveau's horizontal ist. Damit aber die Luftblase sich bei der richtigen Stellung in der Mitte halte und bei geringer Neigung nur nach und nach sich von der Mitte entferne, muſs die Röhre eine allerdings sehr geringe Krümmung ihrer Axe haben, und diese Krümmung muſs desto mehr einem groſsen Halbmesser zugehören, je mehr Empfindlichkeit man von dem Instrumente verlangt. Die Röhre muſs calibrirt seyn; denn obgleich es bei *gleich bleibender* Gröſse der Luftblase darauf nicht ankäme, so wird die Ungleichheit des Inhalts an beiden Enden doch merklich, wenn bei geringerer Wärme die Flüssigkeit einen geringeren Raum einnimmt, indem dann die Vergröſserung der Blase nicht an beiden Enden gleich seyn würde. Die Blase selbst muſs nicht zu klein seyn, um hinlänglich leichte Beweglichkeit zu haben, aber doch auch selbst bei niedriger Temperatur sich nicht zu sehr der Länge der Röhre selbst nähern. Man bringt auf der Oberfläche des Glascylinders eine Theilung ab, cd an, die am besten in der Mitte Null hat und nach beiden Seiten hin fortzählend die Theile angiebt; auf dieser muſs, wenn das Niveau gut ist, bei genauer Stellung des Niveau's, die Blase bei jeder Temperatur bis zu gleichnamigen Theilstrichen rechts und links reichen. Die Theilung von den Endpuncten der Blase an zu zählen ist weniger gut, weil eine solche Theilung doch nur für eine mittlere Temperatur gelten könnte. Die Länge der Niveauröhre ist nach Verschiedenheit der Zwecke ungleich und, wo man groſse Genauigkeit fordert, gröſser, etwa 12 bis 18 Zoll.

Um zu bestimmen, ob der Nullpunct der Scale richtig angegeben ist, reicht es in vielen Fällen zu, die Ebene, auf welcher die Grundfläche AB ruht, so zu stellen, daſs die Blase sich in der Mitte befindet, und dann das Niveau in entgegengesetzter Lage auf eben der Ebene aufzustellen; findet sich dann die Blase eben so gut in der Mitte, wie bei der ersten Lage, so ist das Niveau richtig, sonst aber bedürfte es einer

Digitized by Google

Correction. Ist das Niveau zu sehr genauen Bestimmungen eingerichtet, so ist es entweder mit gleich hohen Füſsen zum Aufsetzen auf ein Fernrohr, oder mit hakenförmigen Ansätzen zum Anhängen an ein Fernrohr versehen; in beiden Fällen verlangt man, daſs beide Stützpuncte in einer Linie liegen, die horizontal ist, wenn die Luftblase ihre richtige Stellung in der Mitte der Niveauröhre einnimmt, und prüft die Richtigkeit auf folgende Weise. Man bringt das Niveau an dem Fernrohre eines bis auf Secunden theilenden Winkel-Instrumentes an den dazu bestimmten Puncten an und stellt das Fernrohr in die Lage, wo die Luftblase ihren richtigen Platz einnimmt; dann aber wendet man das Niveau um, daſs das vorhin dem Objective des Fernrohrs zugewandte Ende nun dem Oculare zugewandt ist, und bei unveränderter Stellung des Fernrohrs muſs auch in dieser zweiten Lage die Blase wieder genau den mittleren Platz einnehmen; wäre das nicht der Fall, so wäre der Nullpunct nicht strenge richtig, und wenn man das Fernrohr nun um so viel anders stellt, daſs die Blase auf Null zurückkommt, so wird der Fehler, vermöge dessen die Axe des Fernrohrs einmal hinaufwärts, einmal hinabwärts von der wahren Horizontallinie abwich, halb so viel betragen, als der Winkel, um welchen man das Fernrohr hat fortrücken müssen und den man mit Hülfe des Nonius am Rande des Instruments abliest. Dieser Versuch muſs bei verschiedenen Temperaturen wiederholt werden, um zu sehen, ob, wenn die Blase bei höheren Temperaturen oder bei gröſserer Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeit weniger Raum einnimmt, und bei niedrigern Temperaturen immer die verlangte Richtigkeit statt findet. — Daſs auch das Fernrohr zu dieser Prüfung eingerichtet seyn muſs, daſs nämlich den Füſsen oder Haken des Niveau's ihr genauer Platz angewiesen seyn muſs, wo sie mit immer gleicher Genauigkeit, auch bei Vertauschung der Ruhepuncte, sich auflegen, versteht sich von selbst. Da der Zweck gewöhnlich der ist, daſs auch die Axe des Fernrohrs horizontal sey, so sind die Puncte, welche zur Unterstützung des Niveau's bestimmt sind, eben so in einer mit der Axe des Fernrohrs parallelen Linie, wie es die Puncte der Füſse oder Haken mit der dem Nullpuncte des Niveau's entsprechenden Horizontallinie sind.

Um die Gröſse des Drehungswinkels in dem eben erwähnten Falle abzumessen und auch um die Empfindlichkeit des

Niveau's zu prüfen kann man, wenn man keinen sehr genau bis auf Secunden theilenden Kreis anzuwenden Gelegenheit hat, das Fernrohr auf einen entfernten Gegenstand richten und die Verschiedenheit der Höhe der dort bei den entgegengesetzten Lagen des Niveau's im Fadenkreuze des Fernrohrs erscheinenden Puncte als Maſs des Winkels bei bestimmter Entfernung anwenden. Eine ähnliche Bestimmung ergiebt auch die Empfindlichkeit des Niveau's. Es sey nämlich dasselbe mit dem Fernrohre eines Secunden angebenden Kreises verbunden und zuerst das Fernrohr so gestellt, daſs das Niveau seine genau horizontale Stellung hat, indem die Blase die Mitte der Scale einnimmt; dann ändere man die Richtung des Fernrohrs um so wenig, daſs die Blase nur eine oder einige Abtheilungen der Scale durchläuft, so sieht man aus der Vergleichung mit dem am Nonius des Instruments abgelesenen oder durch mikrometrische Messung bestimmten Winkel oder durch Abmessung der durch beide Gesichtslinien auf einem entfernten Gegenstande abgeschnittenen Höhen, wie viel Abweichung von der Horizontallinie den Theilen der Niveauscale entspricht. Je gröſser der Krümmungshalbmesser der dem Niveaurohre (der Axe des Cylinders) gegebenen Krümmung ist, desto empfindlicher wird das Niveau seyn; verrückt sich die Blase um n Linien für 1 Secunde, so ist eine Bogensecunde = n Linien, also der Halbmesser der Krümmung = 206265 . n Linien. An dem von Reichenbach und Ertel für die Königsberger Sternwarte verfertigten Meridiankreise betrug[1] die Verrückung der Luftblase 1 paris. Linie für 2″,227, also ist der Halbmesser der Krümmung = 643 Fuſs, und diese Krümmung fand sich gleichförmig, als die Blase durch 4 Zoll fortgeführt wurde.

Um das Niveau vor Veränderungen durch Wechsel der Temperatur und daraus hervorgehende Ausdehnung des Metalls zu sichern, scheint es empfehlenswerth zu seyn, daſs man die Röhre E F bloſs in der Mitte befestige[2].

Das Nivelliren entfernter Puncte.

Soll das Nivelliren den zweiten oben erwähnten Zweck erfüllen, so bedient man sich, je nachdem die Genauigkeit es for-

1 Bessel's astr. Beobacht. Abth. VI. S. VII. Abth. IX. S. I.

2 Pearson Introduction to practical Astronomy. Vol. 2. p. 237.

Bayerische Staatsbibliothek München

Digitized by Google

dert, verschiedener Instrumente, die alle so eingerichtet sind, daſs man eine genau horizontale Richtungslinie mit Hülfe derselben erhält, und indem man diese als Visirlinie, um auf einen entfernten Gegenstand zu sehen, anwendet, an diesem Gegenstande einen Punct bestimmt, der genau in der durch das Auge gezogenen Horizontallinie liegt.

Werkzeuge zu diesem Zwecke sind bereits im Alterthume bekannt gewesen, und schon Vitruvius erwähnt ein solches [1], wo ein Lineal dadurch horizontal gestellt wird, daſs ein an einem Faden hängendes Loth die verticale Lage des auf jenes Lineal senkrechten Stückes angiebt, und wenn der Wind das herabhängende Loth nicht zum Stillstehen kommen läſst, soll in eine auf der horizontalen Ebene angebrachte Rinne Wasser gegossen werden, dessen genau mit der Ebene übereinstimmender Stand zeigt, daſs sie horizontal ist. Aehnliche Werkzeuge, die freilich keine Genauigkeit versprechen, sind auch in späterer Zeit noch angewandt worden.

Ein ebenfalls noch sehr unvollkommenes Instrument ist die
Fig. 9. *Canalwaage*. Sie besteht aus einer mehrere Fuſs langen blechenen Röhre A B, an welcher zwei gleichweite Glasröhren A C; B D wasserdicht unter rechten Winkeln befestigt sind. Diese Röhre wird auf einem Fuſse, wo man ihr die gehörige Richtung, sowohl durch horizontale Drehung, als auch durch Aenderung der Neigung gegen den Horizont, geben kann, aufgestellt, und die Röhre A B ungefähr horizontal gestellt. Gieſst man dann Wasser in die Röhre und füllt sie so weit, daſs beide Oberflächen sich in den Röhren A C, B D befinden, so liegen bekanntlich beide Oberflächen E, F in einer Horizontal-Ebene, und wenn man über beide Oberflächen weg oder neben den Röhren vorbei so visirt, daſs die Gesichtslinie an beiden Oberflächen hinstreift, so kann man einen entfernten Punct in dieser Horizontallinie bezeichnen. Man muſs sich bei der Füllung der Röhre, die deswegen nicht zu eng seyn darf, hüten, daſs nicht irgendwo Luftblasen in dem Theile A B bleiben, weil sonst, bei einiger Neigung dieser Röhre, das Gleichgewicht bei ungleich hoher Lage der beiden Flächen E, F eintritt. Man muſs, obgleich die Wasserflächen sich wegen der Anziehung der Glaswände an diesen hinaufziehen und dadurch eine von der

---

1 Vitruvii de architectura libri decem. VIII. 6.

Digitized by Google

Ebene abweichende Fläche bilden, ſich doch bemühen, die richtige Ebene der Wasserfläche in der Mitte der Röhre zur Beſtimmung der Horizontallinie ins Auge zu faſſen. Um dieſes etwas zu erleichtern iſt es gut, wenn an einem die Röhre AC umfaſſenden Ringe eine Diopter seitwärts angebracht iſt und eben ſo an der zweiten Röhre ſich eine zu dieſem Zwecke dienende Diopter befindet; ſtellt man den Rand des einen und den Rand des andern Ringes mit der Waſſerfläche gleich hoch, ſo muſs die Lage der kleinen Oeffnung, durch welche das Auge bei E ſieht, in eben der Horizontallinie liegen, in welcher ſich das an der zweiten Diopter angebrachte horizontal ausgeſpannte Haar gh befindet, und der entfernte Punct, der für das Auge bei E durch die Linie gh verdeckt wird, iſt der abzuviſirende, in eben der Horizontallinie liegende Punct. Dieſe letzte Einrichtung hat, wenn man nur ſicher iſt, daſs die Ringe an den Glasröhren und dadurch die Dioptern richtig geſtellt ſind und daſs das Inſtrument keine Verrückung leidet, wenigſtens den Vorzug, daſs man nicht, wie es ohne dieſe Vorrichtung geſchehen muſs, genöthigt iſt, mit demſelben Auge, das ſich nur 12 oder 18 Zoll dieſſeit E befindet, die Oberfläche E, die Oberfläche F und den entfernten Gegenſtand zu beobachten. Da durch ein ſolches Fixiren des Auges auf drei in ganz ungleichen Entfernungen liegende Gegenſtände das Auge ſehr angeſtrengt wird, indem es ſich faſt jeden Augenblick abwechſelnd fernſichtig und naheſichtig einrichten muſs, ſo iſt ſchon deswegen die Canalwaage, ohne ſolche Dioptern, ein höchſt unbequemes, das Auge verderbendes Inſtrument. Was die damit zu erreichende Genauigkeit betrifft, ſo iſt auch dieſe offenbar geringe, da die unvermeidlichen Abweichungen der Geſichtslinie von den beiden Oberflächen in gröſserer Ferne ſehr bedeutende Fehler geben, wenn auch dieſe Abweichungen an der zweiten Oberfläche F nur wenig betragen. Zum Abnivelliren einer Heerſtraſse, wo es auf einige Zolle nicht ankommt, läſst ſich indeſs das Inſtrument gebrauchen.

Auf ganz ähnlichen Gründen beruht die von de la Hire angegebene Waſſerwaage, wo auf dem Waſſer in den Röhren zwei Dioptern ſchwimmen oder ſtatt derſelben bei F eine Objectivlinſe, bei E ein Ocular ſchwimmend angebracht iſt. Es verſteht ſich, daſs die durch dieſe Gläſer beſtimmte Geſichtslinie mit den beiden Waſſerflächen parallel ſeyn muſs. Keith

Digitized by Google

hat dieser Einrichtung dadurch mehr Vollkommenheit gegeben, daſs die beiden Dioptern auf Quecksilber schwimmen, welches die untere Röhre füllt. Indem die Dioptern oder zwei als Objectiv und Ocular zusammengehörende Gläser, auf cylindrischen oder würfelförmigen Grundlagen stehend, von Quecksilber getragen werden und eine mit der Quecksilberfläche parallele Gesichtslinie darbieten, wird der Zweck erreicht.

Diesen Instrumenten weit vorzuziehen sind die mit einem Niveau mit Luftblase. Ihre Einrichtung ist dem Wesentlichen nach die, welche unter dem Namen der *Sisson'schen Wasserwaage* bekannt ist, wenn gleich im Einzelnen Verschiedenheiten angebracht sind. Ein Fernrohr nämlich, mit einem Fadenkreuze versehen, A B, ist mit der Niveauröhre C D so verbun- (Fig. 10.) den, daſs die Axe des Fernrohrs horizontal ist, wenn die Blase des Niveau's ihre richtige Stellung in der Mitte der Röhre einnimmt. Da man mit Hülfe der gröbern Stellungsmittel, die auf bekannte Weise an dem Fuſse des Instruments angebracht sind, dem Fernrohre schon ziemlich nahe die horizontale Stellung geben kann, so bedarf es nur noch der feinen Schraube E, um die Stellung so zu ändern, daſs das genaue Eintreffen der Blase auf dem Nullpunct (oder von diesem sich gleich weit nach beiden Seiten erstreckend) statt finde. Ist diese Stellung erreicht, so visirt man nach dem entfernten Gegenstande, dessen Höhe bestimmt werden soll. So unmittelbar kann man das Instrument anwenden, wenn man von seiner Richtigkeit völlig überzeugt ist; um sich von dieser zu überzeugen, dient auch hier das Umlegen des Niveau's oder des Fernrohrs. Ist nämlich das Niveau so eingerichtet, daſs es mit genau anschlieſsenden Haken auf dem Fernrohre ruht, so kann man, bei unveränderter Lage des Fernrohrs, die Enden des Niveau's verwechseln, und es muſs die Blase dann nach dem Umlegen wieder auf dem Nullpuncte stehen, wenn das Instrument richtig ist. Findet sich das Gegentheil, so corrigirt die Schraube G diese Abweichung, und man wird diese Correction immer gern vornehmen, um das Instrument nachher desto einfacher gebrauchen zu können; daſs aber die Prüfung der Richtigkeit von Zeit zu Zeit wiederholt werden muſs, versteht sich wohl von selbst. Ist das Niveau nicht zum Verwechseln eingerichtet, so wird man gewöhnlich das Fernrohr mit dem Niveau verbunden umlegen können und verfährt dann auf folgende Weise. Da das Fernrohr allemal mit

Digitized by Google

einem Fadenkreuze verſehen iſt, deſſen Mitte in der genauen Axe des Fernrohrs liegt, ſo ſtellt man das Fernrohr ſo, daſs das Niveau die Blaſe in der Mitte zeigt, und bemerkt dann den entfernten Punct, der durch die Mitte des Fadenkreuzes bedeckt wird. Man dreht dann auf dem Zapfen F, der die horizontale Bewegung des Inſtruments geſtattet, das ganze Inſtrument in die entgegengeſetzte Richtung und legt das Fernrohr in ſeinen Lagern um, ſo daſs das Objectiv jetzt dahin kommt, wo eben vorhin das Ocular lag, und da ſo durch doppelte Umwendung das Fernrohr wieder nach eben dem Gegenſtande, wie vorhin, gerichtet iſt, ſo führt man durch die Schraube E das Niveau wieder auf den richtigen Stand der Blaſe zurück. Wenn, wie es ſeyn ſoll, die Höhe der Axe des Fernrohrs dadurch nicht geändert iſt, ſo ſollte nun beim Viſiren durch das Fernrohr derſelbe Punct vom Fadenkreuze gedeckt erſcheinen, wie vorhin, und wenn dieſes geſchieht, ſo iſt die Stellung des Niveau's richtig, ſtatt daſs eine Correction durch die Schraube G ſtatt finden muſs, wenn ſich ein Mangel an Uebereinſtimmung zwiſchen den beiden Zielpuncten findet. Hat man dieſe Berichtigung angebracht, ſo zeigt die richtige Stellung der Blaſe eine genau horizontale Lage der Geſichtslinie des Fernrohrs. Die Empfindlichkeit des Niveau's und eben dadurch die Genauigkeit, mit welcher man beobachten kann, beſtimmt man wieder dadurch, daſs man mit Hülfe der Schraube E die Blaſe um einen Theilſtrich von der richtigen Stellung entfernt und mit dem Fernrohre beobachtet, um wie viele Linien der in bekannter Entfernung liegende Zielpunct ſich dadurch ändert.

Unter den Veränderungen, die man an dieſem Inſtrumente vorgeſchlagen hat, ſcheint mir die von von Mitis vorgeſchlagene [1] vorzüglich eine Erwähnung zu verdienen. Die eine Verbeſſerung beſteht darin, daſs ein eingetheilter horizontaler Kreis angebracht iſt, der durch eine eigene Libelle horizontal geſtellt wird, und welcher dazu dient, wenn man aus einerlei Standpuncte nach verſchiedenen Richtungen viſirt, die horizontalen Winkel, um welche dieſe Richtungen verſchieden ſind, abzumeſſen. Eine zweite Verbeſſerung, deren Nutzen ich nachher angeben will, iſt ein am Fuſse des Inſtruments angebrachter

1 Das Nivellement mit einem neu erfundenen Inſtrumente von v. Mitis.

verticaler Stab, der, indem er sich auf dem Punct am Boden, dessen Höhe eigentlich mit entfernten Puncten verglichen werden soll, aufstützt, dem Fernrohre bei allen Beobachtungen eine gleiche Höhe über jenem Puncte giebt. Die dritte Verbesserung kann für viele Fälle von wesentlichem Nutzen seyn, wenn sie gleich zu dem Einwurfe, daſs sie das Instrument zusammengesetzter macht, Anlaſs giebt. Das Fernrohr steht nämlich oberhalb jenes Kreises so, daſs es sich in der Vertical-Ebene, die durch ein auf jenem Kreise bewegliches Lineal geht, in horizontale, aber auch in geneigte Stellung bringen läſst, und ist statt eines Niveau's mit dreien versehen, deren zwei eine bedeutend geneigte Stellung gegen das Fernrohr annehmen können. Das eine derselben ist, wie bei dem vorigen Instrumente, bestimmt, die Axe des Fernrohrs horizontal zu stellen, und dieses wird also auf die gewöhnliche Weise berichtigt, so daſs die Visirlinie horizontal ist, wenn die Blase in der Mitte steht. Die beiden andern sind bestimmt, das eine Höhenwinkel, das andere Tiefenwinkel anzugeben, und man berichtigt ihre Stellung auf folgende Weise. Nachdem das der Horizontalstellung zugehörende Niveau berichtigt ist, bringt man das Fernrohr in die genau horizontale Stellung und läſst in bestimmter Entfernung, z. B. 500 Fuſs, die nachher zu beschreibende Visirtafel aufstellen und ihre Mitte so heben oder senken, daſs die horizontale Gesichtslinie ihre Mitte trifft. Nun berechnet man für den Höhenwinkel, für den man das zweite Niveau zu stellen beabsichtigt, wie viel die unter diesem Höhenwinkel geneigte Linie in jener Entfernung von 500 Fuſs sich über die Horizontallinie erhebt, und um so viel höher stellt man die Nivellirtafel. Man ändert die Neigung des Fernrohrs, bis die Mitte des Fadenkreuzes die Mitte der Visirtafel deckt, und ist also gewiſs, so eine unter dem verlangten Höhenwinkel geneigte Linie abzuvisiren, und bei dieser ungeändert bleibenden Stellung des Fernrohrs führt man das zweite Niveau durch eine dieses Niveau allein bewegende Schraube auf die Stellung, wo die Blase die Mitte einnimmt. Da auf diese Weise die Horizontallinie des Niveau's mit der Axe des Fernrohrs den bestimmten Winkel macht, so kann man nun zur Abvisirung jeder eben so geneigten Linie das mit Hülfe dieser Libelle eingestellte Fernrohr gebrauchen. Daſs man für Tiefenwinkel, für welche das dritte Niveau bestimmt ist, auf gleiche

Digitized by Google

Weise verfährt, ist nun leicht zu übersehen. Man kann, wie auch von Mitis bemerkt, zu demselben Zwecke, Linien in bestimmter Neigung abzusehen, auch auſser den Kreuzfäden noch zwei bewegliche Horizontalfäden in dem Fernrohre anbringen und diese so weit von der Mitte des Fernrohrs entfernen, daſs sie einer bestimmten Neigung entsprechen, während der Mittelfaden die Horizontallinie bezeichnet. Diese unter einem bestimmten Winkel geneigten Visirlinien können einen doppelten Vortheil gewähren, indem sie erstlich, wenn man drei Beobachtungen macht, die etwa entstandene Unrichtigkeit eines der Niveau's sogleich kenntlich machen, und zweitens da, wo der Boden zu abhängig ist, um weit genug eine Horizontallinie abzusehen, doch ein Nivelliren auf bedeutende Entfernungen erlauben.

Ich habe bisher öfter die Bestimmung des Zielpunctes erwähnt, auf welchen die Axe des Fernrohrs gerichtet oder der durch die Mitte oder den Horizontalfaden des Fadenkreuzes gedeckt ist; die Mittel, um diesen genau zu bestimmen, gehören mit zu den wesentlichsten Gegenständen beim Nivelliren. Man bedient sich dazu der *Nivellirtafel*, die an der *Nivellirlatte* in höherer oder tieferer Stellung befestigt wird. Diese Nivellirtafel ist gewöhnlich eine viereckige Tafel, deren zwei Seiten horizontal erhalten werden und deren Mittellinie dadurch kenntlich gemacht ist, daſs man die Tafel in vier gleiche Felder getheilt hat, deren zwei weiſs, zwei schwarz gefärbt sind und die einander schief gegenüber stehen. Indem so das obere Viertel rechts schwarz an eine untere weiſse Fläche grenzt und eben so das obere weiſse Viertel an eine schwarze Fläche, zeichnet sich die Mittellinie, auf die man das Fernrohr richtet, hinreichend aus. Netto hält ein schwarzes Kreuz auf einer kreis- Fig. 11.
förmigen Scheibe für noch besser und verlangt, daſs man den Faden des Fernrohrs, nach der Richtung AB gestellt, zwei Felder halbiren lasse. Angemessener scheint mir aber von Mitis's Vorschlag, einen zwei Linien breiten Streif als Mittellinie mit einer hellen Farbe, z. B. roth, auf der Visirtafel als Horizontallinie zu zeichnen, diesen an beiden Seiten mit einem 8 Linien breiten Streife von anderer, z. B. weiſser Farbe einzufassen und allenfalls noch eine zweite Einfassung von kenntlich abstechender, z. B. schwarzer Färbung oberhalb und unterhalb dieser aufzutragen, woran sich dann erst die gleichmäſsige

Digitized by Google

Färbung der übrigen Tafel anschlieſst. Man hat dann für eine nahe Aufstellung der Tafel den rothen Streif, der von dem Faden des Fernrohrs halbirt werden muſs; für eine entferntere Stellung der Tafel, wo der Faden den rothen Streif ganz verdeckt, bedient man sich der beiden weiſsen Streifen u. s. w. Die Nivellirlatte muſs genau vertical aufgerichtet werden und an ihr verschiebbar ist die Tafel befestigt; diese wird in einer Nuthe, wo sie sich durch Reibung auf ihrem Platze erhält, vermittelst eines auch höhere Stellungen gestattenden Armes herauf oder herab gezogen. Auf der Nivellirlatte ist, abwärts von dem Beobachter am Fernrohre, d. i. dem zugewandt, der die Stellung der Tafel besorgt, eine genaue Theilung aufgetragen und ein mit der abvisirten Mitte der Tafel übereinstimmendes Zeichen giebt die abzulesende Höhe an. Man setzt die Visirlatte am besten auf einen als genau zu bestimmenden Höhenpunct eingeschlagenen, gewöhnlich nicht viel über dem Boden hervorragenden Pfahl, um diesen Punct mit aller Genauigkeit wieder aufzufinden. Ist das Nivellir-Instrument so eingerichtet, daſs es, mit einem verticalen Stabe am Fuſse versehen, eine immer genau gleiche Höhe des Fernrohrs ergiebt, so kann man an der Nivellirlatte in dieser Höhe des Fernrohrs den Nullpunct aufzeichnen. Eine solche immer gleiche Höhe des Fernrohrs gewährt den Vortheil, daſs, wenn das Fernrohr auf die Station gebracht wird, wo vorhin die Zielscheibe war, und man die letztere, um zurück zu visiren, da aufstellt, wo vorhin das Fernrohr stand, man eben das Maſs unter Null an der Visirlatte finden muſs, wie vorhin über Null, und also etwa begangene Fehler oder eine unrichtige Stellung der Libelle sogleich bemerkt.

Wenn der Boden nach der Richtung der zu nivellirenden Linie so erheblich steigt, daſs man mit der durch das Fernrohr gezogenen Horizontallinie allzufrüh den Boden selbst träfe, so ist es, um auf längere Stationen hinaus zu sehen, gewiſs bequem, eine Richtungslinie unter bestimmtem Höhenwinkel abzuvisiren. Puissant beschreibt zu diesem Zwecke unter dem Namen *Klitometer*[1] oder *niveau de pente* ein Instrument, wo an einem langen Diopterlineale, an der entferntern Diopter, Abtheilungen bezeichnet sind, um, indem man das dortige

1 Von κλιτύς, Neigung.

zum Visiren bestimmte Merkmal herauf oder herab schiebt, während das Lineal selbst horizontal bleibt, die Neigung der Gesichtslinie zu bestimmen. Zweckmäſsiger ist hier wohl die von von Mitis angegebene Einrichtung, bei welcher man am liebsten das eine Niveau einem bestimmten Höhenwinkel, das andere einem genau eben so groſsen Tiefenwinkel entsprechend stellen wird, um das eine beim Vorwärtsvisiren, das andere beim Zurückvisiren anzuwenden. Da man bei abgemessenen Entfernungen weiſs, um wieviel zu hoch oder zu tief die geneigte Linie einschneidet, so ist die Bestimmung der ungleichen Höhe der verschiedenen Puncte leicht zu erhalten.

Was das genaue Verfahren bei Bestimmung dieser relativen Höhe der verschiedenen Puncte betrifft, so ist es dem Wesentlichen nach folgendes. Man schlägt zuerst, um fest bestimmte Puncte zu haben, an den Stellen, wo die gegenseitige Höhenbestimmung gefordert wird, Pfähle ein, deren Köpfe ich als mit dem Boden selbst zusammenfallend ansehe. Ueber einem derselben stellt man, am liebsten in immer genau gleicher Höhe, das Fernrohr auf; der nächste dient der Visirlatte zum Fuſspuncte. Da gewöhnlich die Visirlinie des Fernrohrs horizontal ist, so ergiebt (abgesehen von der Krümmung der Erde) die Höhe der Mitte der Visirlatte sogleich den Höhen-Unterschied der beiden Pfahlköpfe, und wenn man auf der Nivellirlatte von dem mit der Höhe des Fernrohrs gleich hoch liegenden Nullpuncte zu zählen anfängt, so hat man unmittelbar jenen Höhen-Unterschied, sonst aber ist er gleich der Differenz der Höhe des Fernrohrs und der Höhe des abvisirten Punctes. Wäre man genöthigt, nach einer geneigten Linie zu visiren, so ist es erforderlich die Entfernung zu kennen, um den Abstand des abvisirten Punctes von der Horizontallinie zu berechnen. Um sich von der Richtigkeit der Operation und von der richtigen Stellung des Fernrohrs zu überzeugen, pflegt man mit Vertauschung der Standpuncte zurück zu visiren. Findet sich da der Höhen-Unterschied genau wie vorhin, so ist die Stellung des Fernrohrs richtig; wenn dagegen das Fernrohr von der Horizontallinie abweicht, so verdoppelt sich der begangene Fehler und wird dadurch kenntlich. Liegt der zweite Punct um x niedriger als der erste, so ist (ohne Rücksicht auf die Krümmung der Erde) die Höhe des visirten Punctes, wenn dieses der zweite Punct ist, $= h + x + D. \text{Tang.}\, i = H$, wenn h

Digitized by Google

die Höhe des Fernrohrs, D die Entfernung, i die Neigung der Gesichtslinie ist; dagegen die Höhe des visirten Punctes, wenn dieses der erste Punct ist, $= h - x + D . \text{Tang.} i = H'$; allemal also ist $x = \frac{H - H'}{2}$, wenn h in beiden Fällen gleich ist, so daſs die Neigung des Fernrohrs hier zwar bemerkt wird, aber auf die Bestimmung der Höhe, wenn die doppelte Beobachtung statt gefunden hat, keinen Einfluſs hat. Ohne dieses Zurückvisiren hätte man $x = H - h - D \text{ Tang. } i$, wo der Fehler wegen der Neigung i seinen vollen Einfluſs behält. Da man auf diese Weise von Punct zu Punct fortschreitet, so wird jedes Punctes Höhe durch den vorhergehenden und also auch jede Höhe in Beziehung auf den ersten Punct bestimmt.

Diese von Punct zu Punct fortschreitende Bestimmung würde, wenn sie auch ohne allen Fehler ausgeführt wäre, doch, wofern nicht jedes Mal ein Zurückvisiren statt findet, wegen der Krümmung der Erde fehlerhaft seyn. Ist nämlich A F ein Bogen der kugelförmigen Erdfläche und B E ein mit dieser gleichlaufender Bogen in der Höhe, wo sich das Fernrohr B befindet, so visirt man mit dem horizontal gestellten Fernrohre nach D, nach der Richtung der Tangente B D und die beobachtete Höhe des Zielpuntes $D = CD$ besteht nicht allein aus $CF + FE = x + h$, sondern es kommt noch $DE =$ der Entfernung der scheinbaren Horizontallinie von der wahren Horizontallinie hinzu. Wieviel diese Entfernung beträgt, ist aus der bekannten Gröſse der Erde leicht zu berechnen. Genau beträgt dieser Abstand $= DE = r\,(\text{Sec. } \varphi - 1)$, wenn der Bogen $BE = \varphi$ und r der Halbmesser der Erde ist; aber für so sehr kleine Bogen, wie hier immer nur vorkommen, kann man $\text{Sec. } \varphi = 1 + \frac{1}{2}\varphi^2$ setzen, also, wenn die Entfernung $AF = D$ und folglich $\varphi = \frac{D}{r}$ in Theilen des Halbmessers ist, $DE = \frac{1}{2}\frac{D^2}{r}$.

Fig. 12.

Wenn man voraus und wieder zurück visirt, dabei aber die Höhe des Fernrohrs beide Male gleich $= h$ nimmt, so ist die Höhe der Visirtafel im Vorausvisiren $= H = h + x + \frac{D^2}{2r}$, beim Zurückvisiren $= H' = h - x + \frac{D^2}{2r}$, so daſs auch hier $x = \frac{1}{2}(H - H')$ den richtigen Höhen-Unterschied giebt, statt daſs bei nur einmaliger Beobachtung $x = H - h - \frac{D^2}{2r}$ wird,

Digitized by Google

und jene Correction wegen der Krümmung der Erde zu berücksichtigen ist.

Wenn man das Instrument allemal in der Mitte der Station oder in gleichen Entfernungen von den beiden Puncten, deren relative Höhe man bestimmen will, aufstellt und nach dem vorwärts liegenden, so wie nach dem rückwärts liegenden Puncte visirt, so fällt sowohl die Rücksicht auf die Höhe des Instruments $= h$, als auf die unrichtige, aber bei beiden Beobachtungen gleiche Neigung $= i$ und auf die Krümmung der Erde weg; denn man findet für den einen Punct $H = h + x + D . \text{Tang. } i + \frac{1}{2} \frac{D^2}{r}$, für den andern

$H' = h + x' + D \text{ Tang. } i + \frac{1}{2} \frac{D^2}{r}$, und $H - H'$ ist $= x - x'$,

das letztere aber ist der Höhen-Unterschied der beiden zu bestimmenden Puncte, da man hier nicht zu wissen verlangt, wie hoch diese Puncte gegen den Standpunct des Instruments liegen, also x und x′ nicht jede einzeln bekannt zu seyn brauchen.

Bei dem Nivelliren aus der Mitte der Station kann man auch die Rücksicht auf die Strahlenbrechung eher aus den Augen lassen, als bei der Beobachtung, die von dem einen der zu bestimmenden Puncte zu dem andern als Zielpunct hin geht. Es ist bekannt, daſs der Lichtstrahl, sobald er aus höheren Luftschichten in tiefere oder aus wärmern in kältere übergeht, eine Krümmung erleidet, und daſs daher die Visirlinie in den seltensten Fällen als eine gerade Linie anzusehen ist. Wie bedeutend diese Krümmung des Lichtstrahls selbst bei nahen Gegenständen werden kann, davon geben meine Beobachtungen[1] viele Beispiele, indem, um nur eins anzuführen, die scheinbare Höhe eines nicht mehr als 4100 Fuſs entfernten Gegenstandes zuweilen Abends um volle 2 Minuten gröſser als bei starker Sonnenhitze erschien, also der Gegenstand das eine Mal um 2½ Fuſs höher als das andere Mal gesehen wurde. Pflegt man gleich nicht auf so weite Abstände hinaus zu nivelliren, so erhellt doch, daſs bei irgend bedeutenden Entfernungen die Richtung wohl um ganze Zolle fehlerhaft gefunden werden könnte[2]. Ganz

---

1 Brandes Beobacht. über die Strahlenbrechung. Oldenb. 1807.

2 Von Mitis hat dieses durch eigene Erfahrung eben so gefunden. S. 11. der erwähnten Schrift.

ist man gegen die hieraus entspringenden Fehler auch nicht gesichert, wenn man aus der Mitte beider Stationen nivellirt, indeſs kann man da doch, wenn die Umstände zwischen dem Standpuncte des Fernrohrs und beiden Endpuncten der Visirlinien ziemlich gleich sind, auf nahe Gleichheit der Strahlenbrechung rechnen, und in diesem Falle ist die Rücksicht darauf bei der Bestimmung der relativen Höhe beider Endpuncte der Visirlinien unnöthig. Ginge aber die eine Visirlinie viel näher über einen etwas höheren Boden weg, als die andere, so könnten selbst bei gleichen Abständen ungleiche Refractionen statt finden, und nur ein doppeltes Beobachten, ein Vorwärts- und Rückwärtsnivelliren könnte gegen daraus entspringende Fehler sichern; beide Operationen müſsten aber sogleich nach einander vollendet werden. Da bedeutende Fehler nur in den sehr heiſsen Tagesstunden und um die Zeit des Sonnen-Untergangs oder in den ersten Frühstunden vorkommen, so wird man sich gegen diese Fehler meistens sicher stellen können. Eine Correction ihretwegen nach allgemeinen, bloſs von der Entfernung abhängenden Regeln anbringen zu wollen ist unstatthaft, da diese Correction im einzelnen Falle den Fehler sogar vermehren kann.

Die näheren Anleitungen für den Praktiker über die Führung der Journale beim Nivelliren, über die sogleich während der Operationen selbst als Controllirung zu vergleichenden Zahlen, über die tabellarische Darstellung der Endresultate, über die aus dem Nivelliren abgeleiteten Profilzeichnungen, über einzelne Fragen, die bei bestimmten Anwendungen vorkommen, glaube ich hier übergehen zu müssen, indem darüber in eigenen Werken umständliche Belehrung gesucht werden muſs. Zu solchen Belehrungen scheint mir, wenn gleich die Anleitung zur Verfertigung der Tabellen vielleicht in etwas allzu groſse Weitläuftigkeit führt, doch recht empfehlenswerth: Das Nivellement mit einem neu erfundenen Instrumente von F. v. Mitis, (Wien, Beck. 1831.) Aber auch die Lehrbücher der Feldmeſskunst geben Anleitung zu diesem Geschäfte. Puissant traité de Topographie, d'Arpentage et du Nivellement (Paris 1807.) zeichnet sich durch theoretische Gründlichkeit aus und macht doch auch auf das, was in der Ausübung vorkommt, gehörig aufmerksam. Joh. Tob. Mayer's gründlicher und ausführlicher Unterricht zur praktischen Geometrie (Th. III. Cap. 33.)

ist noch immer ein lehrreiches Buch. Netto's Handbuch der geſammten Vermeſsungskunde, die neueſten Erſindungen und Entdeckungen enthaltend, (Berlin, Amelang. Th. II. Abſchn. 14.) trägt dieſe Lehren gleichfalls gut vor, und ebenſo, wenn gleich nicht ſo vollſtändig, Wölfer's gründliche und vollſtändige Anleitung zur prakt. Forſt- und Feldmeſskunde. (Leipzig, Kayſer und Schumann.) Unter den älteren Schriften, die den Gegenſtand einzeln abhandeln, verdienen folgende genannt zu werden. Picard's Abhandlung vom Waſſerwägen, mit Beiträgen von Lambert. (Berlin 1770.) Hogreve's praktiſche Anweiſung zum Nivelliren. (Hannover, Helwing. Buchh. 1800.) G. C. Müller's prakt. Abh. vom Nivelliren oder Waſſerwägen, mit beſonderer Rückſicht auf das zweckmäſsigſte Verfahren, um die Reſultate untrüglich zu machen, mit einer Anleitung zu Verfertigung der Moorprofile. (Göttingen, Ruprecht 1799.) Gilly's prakt. Anleitung zu Anwendung des Nivellirens in den bei der Landescultur vorkommenden Fällen. (Berlin, Realſchulbuchh. 1801.)

Da wo groſse Höhen-Unterſchiede vorkommen oder wo man das Profil eines ganzen Gebirges zeichnen will und in ähnlichen Fällen bedient man ſich des barometriſchen Nivellements, indem man die Höhen der einzelnen Puncte mit dem Barometer beſtimmt. *B.*

N o n i u s.

Vernier; *Nonius;* le vernier; *the Vernier;* iſt der Name einer an Inſtrumenten zum Behufe genauer Beſtimmung kleiner Theile angebrachten doppelten Theilung, wovon die eine, verſchiebbar neben der Hauptſcale, die für jeden Fall nöthige Stellung erhalten kann. Eigentlich heiſst dieſer bewegliche Theil ſelbſt der Nonius oder Vernier.

Es ſey A B die Hauptſcale, z. B. die Lineintheilung am Barometer, an welcher man, da ſie nur ganze Linien angiebt, noch Zehntel der Linie abzuleſen wünſcht. Zu dieſem Zwecke trägt man auf den Nonius C D eine Gröſse = 9 Linien auf und theilt dieſe in 10 Theile, deren alſo jeder $\frac{9}{10}$ Lin. beträgt, und erhält nun, der Index oder Nullpunct des Nonius ſtehe wo er wolle neben der Hauptſcale, dieſe Stellung in ganzen Linien und in Zehnteln derſelben angegeben. Es iſt nämlich einleuch- Fig. 18.

tend, wenn der vierte Theilstrich des Nonius genau mit einem Theilstriche der Hauptscale zusammentrifft, daſs dann der dritte Theilstrich des Nonius um $\frac{1}{10}$ Linie, der zweite Theilstrich des Nonius um $\frac{2}{10}$, der erste Theilstrich um $\frac{3}{10}$, der Nulltheilstrich oder Index um $\frac{4}{10}$ Linien vom nächsten Theilstriche der Hauptscale entfernt ist. Hat man also den Index des Nonius, einer Beobachtung entsprechend, oder überhaupt um die Lage eines gewissen Punctes zu bestimmen, so gestellt, daſs er diesen Punct angiebt, so weiſs man, daſs im vorigen Falle dieser Punct um $\frac{4}{10}$ Linien höher, als der letzte Linienstrich angab, liegt.

Dieses Beispiel läſst leicht das, was für alle Fälle gilt, übersehen. Will man die Theile der Hauptscale in m Theile zerlegen, so trägt man auf dem beweglichen Stücke (m — 1) jener Theile der Hauptscale auf und theilt sie in m Theile, dann ergiebt das Zusammentreffen des nten Theilstrichs am Nonius mit einem Theilstriche der Hauptscale, daſs der Index auf $\frac{n}{m}$ der Theile der Hauptscale steht. Die Theilung von m + 1 Theilen in m Theile lieſse sich eben so gebrauchen, da aber dann die $\frac{n}{m}$ subtractiv werden, so zieht man die andere vor. Diese sehr bequeme Art, um feinere Theile abzulesen, ist eben so anwendbar bei Kreisbögen, als bei geraden Linien, wenn nämlich das bewegliche Stück sich im einen Falle an den Kreisbogen, so wie im andern Falle an die gerade Linie anschlieſst.

Der Nonius wird bei der Bestimmung der genauen Barometerhöhe so gestellt, daſs sein Nullpunct oder Index genau mit der Oberfläche des Quecksilbers zusammentrifft.

Bei Winkel-Instrumenten ist er mit dem Fernrohre so verbunden, daſs sein Index eben die Richtung anzeigt, in welcher sich der im Mittelpuncte des Fernrohrs erscheinende Gegenstand befindet. Und so verhält es sich in allen ähnlichen Fällen. Beim Gebrauche des Instruments muſs man bestimmen, ob dieses Zusammentreffen des Index mit dem Puncte, welchem er entsprechen soll, strenge genau ist, und im entgegengesetzten Falle die Abweichung in Rechnung bringen.

Bei der Wahrnehmung, welcher Theilstrich des Nonius genau auf einen Theilstrich der Scale trifft, muſs man die Parallaxe des Auges vermeiden. Da nämlich die bewegliche Theilung gewöhnlich sich auf einer Platte befindet, die auf derjeni-

Digitized by Google

gen Platte fortgeschoben wird, in welche die Theilstriche der Hauptscale eingeschnitten sind, so würde bei veränderter Stellung des Auges der dem Auge näher liegende Theilstrich des Nonius vor dem entfernteren der Hauptscale hin und her zu rücken scheinen. Indeſs wenn, wie es sich gehört, beide Scalen genau an einander anliegen, so ist diese Parallaxe nicht schwer zu vermeiden.

Wenn man den Nonius durch ein Mikroskop beobachtet, so ist es, bei vollkommen genauer Gleichheit der Eintheilungen, noch möglich, kleinere Theile anzugeben, als sich am Nonius ablesen lassen. Fände man z. B. den vierten Theilstrich noch nicht vollkommen auf einen Theilstrich der Scale treffend, den fünften aber um doppelt so viel nach der andern Seite bei dem Theilstriche der Scale vorbei gehend, so würde man zu den 4 Theilen, die das bloſse Auge (weil der vierte Strich beinahe zusammen trifft) abgelesen hätte, noch ein Drittel eines solchen Theiles zulegen. Der Nonius wird mit einer sehr feine Aenderungen gestattenden Schraube in die Stellung, welche die Beobachtung erfordert, gebracht. Ist diese Schraube genau genug, so kann sie zugleich als Mikrometerschraube dienen, indem man durch sie den der Beobachtung gemäſs gestellten Nonius zum ganz genauen Zusammentreffen der nächsten Theilstriche fortführt und aus den Angaben am Kreise der Mikrometerschraube ersieht, wie viele Theile einer Schrauben-Umdrehung, dadurch aber auch, wie viele Theile eines Noniustheiles man zu dem, was das genaue Zusammentreffen ergeben hätte, legen muſs.

Wenn am ganzen Kreise die Bögen vom Nullpuncte aus, z. B. Zenithdistanzen, nach beiden Seiten gezählt werden, so ist es gut, auf demselben verschiebbaren Stücke einen doppelten Nonius anzubringen, nämlich so, daſs der Index in der Mitte liegend eben die Theilung noch einmal nach der entgegengesetzten Richtung darbietet. Man liest dann auf demjenigen der beiden Nonien ab, welcher den wachsenden Graden zugehört. An Kreis-Instrumenten sind oft mehrere Nonien in unveränderlichen Abständen angebracht, die dazu dienen, die kleinen Fehler in der Randtheilung des Instruments, welche aus ungleicher Temperatur oder ursprünglichen Theilungsfehlern oder aus der Excentricität entspringen, zu zeigen. Wenn man den Zwischenraum zwischen den Nullpuncten dieser No-

nien bei verschiedenen Stellungen auf der Gradtheilung untersucht, so lernt man die Theilungsfehler des Instruments kennen, sofern z. B. die 90 Grade von 0 bis 90° nicht genau mit denen von 30 bis 120 übereinstimmen. Fehler in den einzelnen Theilen, in den Zwischenräumen zwischen zwei nächsten Theilstrichen, verräth der Nonius, wenn die Abstände des ersten, zweiten, dritten Theilstriches von den zugehörigen des Nonius nicht mit strenger Regelmäſsigkeit wachsen.

Was die Erfindung dieser mit so allgemeinem Beifalle aufgenommenen Theilungsmethode betrifft, so bemerkt Kästner, welcher über diesen Gegenstand mehreres gesammelt hat, daſs man mit mehr Recht den Namen Vernier oder Werner, als Nonius wählen würde[1]. Nunnez nämlich, ein Portugiese, dessen Name im Lateinischen Nonius ist, hat sich allerdings schon 1542 das Verdienst erworben, Mittel zu genaueren Winkel-Abmessungen zu geben, (wobei er bemerkt, schon Ptolemaeus möge wohl ähnliche Mittel angewandt haben,) aber diese Mittel sind nicht unserm jetzigen Nonius gleich. Nunnez nämlich brachte auf dem Rande des Quadranten eine ganze Folge von concentrischen Kreisen an, die er in 90 Theile, 89 Theile, 88 Theile und so fort bis 46 Theile eintheilte; es ist einleuchtend, daſs das genaue Eintreffen der Alhidade auf einen Theilstrich irgend eines dieser getheilten Quadranten, bei vorausgesetzter Genauigkeit aller Theilungen, sogleich den Winkel in Theilen des Grades anzugeben gestattet. Dieses ist also freilich nicht unser *Nonius*; aber Kästner führt aus Tycho's Erzählung an, daſs Curtius sogleich innerhalb des in 90 Grade getheilten Kreises einen zweiten so getheilt habe, daſs 60 Theile dieses Kreises 61 Grade ausmachten; auf dem dritten Kreise wurden 62 Grade in 60 Theile eingetheilt. Hier ist also das Mittel, um einzelne Minuten auf dem zweiten Kreise zu erkennen, schon angegeben, obgleich die Anwendung noch nicht die passendste ist. Als beweglichen Theil neben der Scale hat aber Vernier (Petrus Vernerius, was Kästner, da Vernier in der damals noch nicht französischen Franche-Comté lebte, auf den deutschen Namen Werner glaubte zurückführen zu dürfen) den Nonius oder Vernier zuerst eingeführt. *B.*

1 Kästner's astron. Abhandlungen, zweite Samml. S. 142. 161., woraus ich diese historischen Notizen entlehne. Die zahlreichen ältern Schriften, die diesen Gegenstand betreffen, sind dort angeführt.

Digitized by Google

N o r d l i c h t.

Nordschein, Polarlicht; *Aurora borealis, aurora septentrionalis, lumen boreale, lucula borealis, lux borea;* Aurore boréale, lumière boréale; *Aurora borealis, Northern light, Northern streamers.*

Der merkwürdige Lichtschein, die eigenthümliche Lichtentbindung in der Atmosphäre auf der nördlichen Halbkugel, die mit dem Namen Nordlicht belegt wird, weil die Bewohner der gemäſsigten Zone sie in der Regel nach Norden hin wahrnehmen, ist so oft beobachtet worden, hat das allgemeine Interesse so vielfach erregt und daher so zahlreiche Versuche zur Erklärung veranlaſst, daſs es schwer hält, aus der groſsen Masse von Thatsachen das Wichtigste herauszunehmen und zur klaren Uebersicht zusammenzustellen. Um diesen Zweck so gut wie möglich zu erreichen, werde ich zuerst die Erscheinung im Allgemeinen beschreiben, dann die beobachteten Einzelnheiten näher in Betrachtung ziehen und zuletzt die Erklärungsversuche folgen lassen, ohne jedoch in einem von diesen Theilen nach absoluter Vollständigkeit zu streben, indem es namentlich ganz nothwendig ist, aus der übergroſsen Menge der vorzüglichern Beobachtungen nur die wichtigsten hervorzuheben[1].

A. Beschaffenheit des Nordlichts im Allgemeinen.

Das Nordlicht besteht nach dem einstimmigen Zeugnisse aller Beobachter aus einem mehr oder minder hellen Lichtscheine am nördlichen Theile des Himmels, welcher sich von der Abenddämmerung im Winter durch seinen Ort, im Sommer aber zugleich durch die Stärke des Lichtes, seine Weiſse und eigenthümliche Strahlung, ein eigenes Flackern und Zucken, in den meisten Fällen überhaupt durch den ihm zugehörigen Lichtbogen unterscheidet. Die Nordlichter erscheinen meistens nur im Winter, und auch dann bald häufiger, bald seltener, ohne daſs sich bis jetzt ein regelmäſsiger Wechsel nachweisen lieſs, ent-

1 Ueber die Eigenthümlichkeiten des sehr ähnlichen südlichen Polarlichtes s. *Südlicht.*

zünden sich in der Regel bald nach dem Untergange der Sonne, dauern gegen eine bis mehrere Stunden und wiederholen sich in seltenen Fällen in der nämlichen Nacht oder mehrere Tage nach einander. Man darf annehmen, daſs sie ungefähr unter dem 45sten Breitengrade sich zu zeigen anfangen, von hier an so weit, als die Erde von Menschen bewohnt ist, mit zunehmender Polhöhe zahlreicher werden und einige Grade unterhalb des Polarkreises, oder an manchen Orten selbst bis an diese Grenze, sich in der Regel jede Nacht entzünden, wenn nicht die kurze Dauer und starke Dämmerung der letzteren sie selbst hindert oder ihre Beobachtung unmöglich macht. Nicht ganz in dem nämlichen Verhältnisse wächst ihre Helligkeit, indem vielmehr die vorzüglich glänzenden sich bis zu niederen Breiten hin erstrecken. Manche derselben werden nur an einem Orte oder einigen wenigen nahe liegenden Orten gesehen, vermuthlich mindestens häufig deswegen, weil trübes Wetter ihre Beobachtung hindert, in einigen Fällen zeigen sie sich jedoch gleichzeitig in einem Zonentheile von etwa 10 Graden der Breite und 100 Graden der Länge, welche prachtvolle Erscheinungen jedoch auf alle Fälle unter die Seltenheiten gehören.

Es giebt eine auſserordentliche Menge von Beschreibungen dieser Meteore. Unter den älteren, z. B. von Gassendi, Olaus Römer, Seidel, Kirch, Morton [1], Polenus [2], F. C. Maier [3], Calm [4], J. C. Wilke [5] und andern, ist die von Mairan eine der vollständigsten und genauesten, welche er hauptsächlich aus seiner Beobachtung des groſsen am 19. Oct. 1726 gesehenen entlehnte. Hiernach bemerkt man zuerst im eigentlichen Norden, dicht über dem Horizonte, eine dunkle, nebelartige Wolke und neben derselben westlich einen etwas hellen Schein. Der dunkle Nebel nimmt allmälig die Gestalt eines Kreissegmentes an, dessen Sehne ein Theil des nördlichen Horizontes ist, während sich der Lichtbogen nach und nach vollständiger ausbildet, zuweilen aber entstehen auch zwei, ja drei helle Bögen, durch deren Zwischenräume man die dunkle Wolke

1 Ueber alle diese s. Musschenbroek Int. §. 2489.
2 Sopra l'Aurora boreale. Vergl. Comm. Soc. Bon. I. 285.
3 Comm. Soc. Pet. T. I. p. 351. Anni 1726.
4 Schwed. Abh. a. v. O.
5 Tal om nyaste Förklaringar öfver Norrskenet. Stockh. 1778.

Digitized by Google

wahrnimmt. Aus einem von diesen Lichtbögen, in der Regel aus dem obersten, zuweilen auch aus einer lichten Stelle im dunkeln Segmente, steigen Lichtstreifen von verschiedenen Farben empor, welche abwechselnd entstehen und verschwinden, ihren Ort bald langsam, bald schnell ändern, so daſs die Lichtmasse meistens in einer steten Bewegung zu seyn scheint, welche vorzugsweise um so mehr bemerklich ist, je schneller die Hellung zunimmt, wobei nicht nur in dem dunkeln Segmente und im Bogen die helleren Stellen häufig wechseln, sondern auch Strahlen zu beträchtlicher Höhe emporschieſsen und zuweilen der ganze Himmel mit einem flockigen, zitternden Lichte erfüllt scheint.

Wenn das Nordlicht am hellsten strahlt, so sieht man bei den gröſseren zuweilen am Zenith eine Art von *Krone*, die aus der Vereinigung der von allen Seiten daselbst zusammenstoſsenden Strahlen entsteht und gleichsam die Laterne einer Kuppel oder den Knopf eines Zeltes vorstellt. Die Farben des Nordlichtes, welche hauptsächlich aus blendendem Weiſs im Bogen und in dessen Nähe, aus Gelb und vorzüglich aus Roth von der verschiedensten Tiefe und von sehr ungleichem Glanze bestehen, sind in diesem Augenblicke am lebhaftesten, das Phänomen beginnt dann abzunehmen, jedoch geschieht dieses selten plötzlich, meistens erfolgen noch mehrmalige Zunahmen in ungleichen Zeiträumen, wobei sich die wesentlichsten der beschriebenen Erscheinungen erneuern, bis das Ganze allmälig erlöscht und nur noch ein weiſslicher Lichtschein im Norden, mitunter eine geraume Zeit, zurückbleibt[1].

Unter den älteren Beschreibungen der Nordlichter hat die von Maupertuis stets einen bedeutenden Rang behauptet, weil sie die damals minder allgemein bekannten Beobachtungen im hohen Norden und obendrein gerade unter dem Polarkreise enthielt. Seine Darstellung ist indeſs minder physikalisch genau, als vielmehr lebendig und ausmalend. Er sagt über das, was er zu Ofwer-Torneö im Jahre 1736 wahrgenommen hat, Folgendes. „Sobald die Nächte anfangen dunkler zu werden, sieht man den Himmel durch Feuer von tausend Gestalten und Farben erleuchtet; sie scheinen die des beständigen Tages ge-

---

1 De Mairan Traité de l'aurore boréale. Paris 1733. 2me éd. Paris 1754. 4.

Digitized by Google

wohnte Erde für die Abwesenheit der Sonne, die sich von ihr wendet, entschädigen zu wollen. Diese Feuer schränken sich dort nicht, wie in unsern südlichen Ländern, auf eine bestimmte Himmelsgegend ein. Zwar sieht man oft gegen Norden einen unbeweglichen hellen Bogen, mehrentheils aber scheint das Licht den ganzen Himmel ohne Unterschied einzunehmen. Es fängt zuweilen mit einer Bande von hellem und beweglichem Lichte an, die ihre Enden am Horizonte hat und sich plötzlich über den ganzen Himmel ausbreitet, als ob nach einer auf den Mittagskreis senkrechten Richtung ein Fischernetz über ihn gezogen würde. Meistentheils vereinigen sich nach diesem Vorspiele alle Lichtmassen gegen das Zenith, wo sie gleichsam die Spitze einer Krone bilden. Oft sieht man gegen Mittag Bögen, wie wir sie in Frankreich gegen Mitternacht sehen, oft erscheinen sie gegen Norden und Süden zugleich, und ihre Gipfel nähern sich einander, indem die Enden sich entfernen und gegen den Horizont herabsteigen. Ich sah solche entgegengesetzte Bögen, deren höchste Stellen sich fast im Zenith berührten; oft zeigen sich auch von beiden Seiten mehrere concentrische Bögen. Alle diese Bögen haben ihre Gipfel im Mittagskreise, jedoch mit einer westlichen Abweichung, welche nicht immer gleich groſs und bisweilen unmerklich ist. Manche Bögen, deren Enden anfänglich gegen den Horizont zu am weitesten aus einander standen, ziehen sich bei ihrer Annäherung zusammen und bilden groſse Ellipsen, von denen man die gröſsere Hälfte über dem Horizonte sieht. Man würde kein Ende finden, wenn man alle Gestalten und Bewegungen dieses Lichtes beschreiben wollte." Insbesondere erwähnt v. Maupertuis ein sehr vollständiges Nordlicht vom 18. Dec. 1736, welches sich gegen Süden als so heller und rother Schein zeigte, daſs das ganze Sternbild des Orion in Blut getaucht schien[1].

Es würde nicht bloſs unnöthig vielen Raum erfordern, sondern auch ermüdend werden, wenn ich auch nur die Mehrzahl der genauen Beschreibungen ausgezeichneter Nordlichter aufnehmen wollte, insbesondere da sie sich in den wesentlichsten Stücken sämmtlich wiederholen[2]. Inzwischen scheint es

---

1 La figure de la terre cet. par M. de Maupertuis. Amst. 1738. 8. p. 68. Oeuv. de Maupertuis. Lyon 1768. 8. T. III. p. 155.

2 Eine sehr vollständige Beschreibung der meisten merkwürdi-

Digitized by Google

mir der Vollständigkeit wegen und zur richtigern Beurtheilung dieser Phänomene nothwendig, einige hauptsächlich durch die örtlichen Verhältnisse ausgezeichnete ausführliche Beschreibungen mitzutheilen.

Capitain Parry[1] und seine Reisegefährten beobachteten während ihres Winteraufenthalts auf der Insel Melville das Nordlicht sehr häufig, und im Allgemeinen stets in süd-südwestlicher Richtung. Ob dasselbe auch während der Reise gesehen und beachtet wurde, finde ich nicht bestimmt erwähnt, im Hafen aber, woselbst sie am 26. Sept. ankamen, wird die Erscheinung eines schwachen, in Südwest nahe am Horizonte stehenden Lichtes vom 13. Oct. zuerst angegeben. Unter den vielen nachher gesehenen, deren mehrere um 6 Uhr Abends anfingen, werden die vom 19. Dec. wiederholt an diesem Tage meistens von S. nach W. N. W. nicht sehr hell erscheinenden, das vom 20. Dec. in N. W. nördlicher als gewöhnlich sich zeigende und das vollständig und mit Hinzufügung allgemeiner Bemerkungen über diese Meteore überhaupt beschriebene vom 15. Januar vorzüglich ausgezeichnet, weswegen ich diese Beschreibung des Capt. Sabine wörtlich mittheile. „Herr Edwards sah dasselbe zuerst als einen vollkommenen Bogen, dessen Schenkel fast nördlich und südlich standen. Als ich aufs Eis ging, war der Bogen gebrochen; gegen den südlichen Horizont war das gewöhnliche Nordlicht, wie wir es kürzlich in klaren Nächten gesehen hatten, nämlich ein blasses Licht, welches hinter einer dunkeln Wolke in einer Höhe von 6 bis 12 Graden herzukommen schien, sich mehr oder weniger in verschiedenen Nächten und zu verschiedenen Zeiten derselben Nacht gegen Osten und Westen ausdehnte, ohne bestimmten Mittel- und Halbirungspunct war, indem der gröſsere Theil und zuweilen der ganze Lichtschein sich bald auf der Ostseite, bald auf der Westseite des Südpunctes zeigte, selten aber am nördlichen Horizonte stand oder über den Ost- und Westpunct des Himmels hinausging. Dieses stimmt mit dem Nord-

---

gen Eigenthümlichkeiten dieser Meteore nach zahlreichen eigenen Beobachtungen in Aberdeenshire unter 57° 12′ N. B. giebt Farquharson in Edinb. Journ. of Sc. XVI. 303.

1 Zweite Reise zur Entdeckung einer nordwestlichen Durchfahrt aus dem atlantischen in das stille Meer u. s. w. von W. E. Parry u. s. w. Hamb. 1822. 8. von S. 196 bis 513.

Digitized by Google

lichte, welches man am gewöhnlichsten in England wahrnimmt, überein, nur daſs es dort dem nördlichen Horizonte so eigen ist, wie hier dem südlichen, und zuweilen in Lichtstrahlen und Funken aufschieſst. Es war bei dieser Gelegenheit durch keinen auſserordentlichen Glanz oder ungewöhnliche Ausdehnung ausgezeichnet, indem der prächtige Theil der Erscheinung abgesondert und, wie es schien, ganz besonders war. Der Lichtbogen hatte sich in unregelmäſsigen Massen gebrochen, die mit vieler Schnelligkeit nach verschiedenen Richtungen strömten, immerwährend an Gestalt und Stärke abwechselten und sich von Norden durch Osten nach Süden erstreckten. Wenn man annimmt, daſs die Oberfläche des Himmels durch eine durch den Meridian gehende Ebene getheilt ist, so war das Nordlicht während der Zeit, daſs ich es sah, auf die Ostseite der Ebene beschränkt und gewöhnlich am lebhaftesten und in gröſseren Massen in O. S. O. Parry und ich machten einander aufmerksam, daſs da, wo das Nordlicht sehr glänzte, die hindurch gesehenen Sterne etwas trübe waren, obgleich dieses früheren Erfahrungen widerspricht.“

Parry fährt dann in der Beschreibung fort und sagt: „Die Vertheilung des Lichtes ist als unregelmäſsig und beständig wechselnd beschrieben worden; die verschiedenen Massen schienen sich jedoch in zwei Bögen ordnen zu wollen, wovon der eine nahe am Zenith und der andere ungefähr in der Mitte zwischen diesem und dem Horizonte hinlief, beide im Allgemeinen eine nördliche und südliche Richtung hatten, aber sich gegen einander krümmten, so daſs ihre Schenkel verlängert eine Ellipse gebildet haben würden. Diese Bögen zertheilten sich eben so schnell, als sie entstanden waren. Einmal war ein Theil des Bogens nahe am Zenith in Windungen gebogen, denen einer sich bewegenden Schlange gleich, und diese waren in schneller, wellenförmiger Bewegung, eine Form, die wir zuvor noch nicht wahrgenommen hatten[1]. Das Ende gegen Norden war auch wie ein Schäferstab gebogen, welches nicht ungewöhnlich ist. Das von einem Nordlichte entstehende Licht läſst sich schwer mit dem des Mondes vergleichen, weil die

---

1 Ohne Zweifel die sogenannte Krone, vermuthlich etwas unvollständig. Parry und Sabine scheinen diesen Theil des Phänomens weder aus eigener Ansicht, noch auch aus Beschreibungen gekannt zu haben.

Digitized by Google

Schatten wegen der allgemeinen Verbreitung des ersteren sehr schwach und undeutlich werden, aber die Wirkung des eben beschriebenen ist meiner Meinung nach kaum der des Mondes in der ersten Quadratur gleich; das gewöhnliche blasse Licht des Nordscheines gleicht sehr dem beim Verbrennen des Phosphors entbundenen. Eine sehr schwache rothe Farbe ward bei dieser Gelegenheit bemerkt, als das Nordlicht am stärksten war, andere Farben waren jedoch nicht vorhanden. Nach dem Verschwinden des glänzenden Theiles des Nordlichtes, welches nahe bei uns zu seyn schien, blieb nur noch das gewöhnliche Licht am Horizonte."

Unter den vielen später beobachteten werden das vom 10. Febr. im Süden und Südwesten und das vom 19ten desselben Monats mit glänzenden Blitzen, die vorzüglich von S. b. W. über das Zenith nach N. N. O., übrigens aber an jedem Theile des Himmels hinschossen, als die gröſseren erwähnt. Sie wurden insgesammt in 74° 47′ N. B., 110° 48′ W. L. und bei einer Abweichung der Magnetnadel, welche mehr als 125° östlich betrug, beobachtet. Auf der Rückfahrt wird eins erwähnt, welches am 12. Sept. des folgenden Jahres 1820 um 10 Uhr Abends unter 68° 15′ N. B. und 65° 49′ Länge über eine halbe Stunde auf ungefähr 12 Strichen von S. O. b. O. bis W. b. N. sichtbar war, während der magnetische Nordpol ungefähr N. 76° W. zeigte. Dieses unterschied sich von den bei Melville gesehenen durch die gröſsere Geschwindigkeit, womit es sich verbreitete und von einem Theile des Himmels zum andern überging, durch die Tiefe und Lebhaftigkeit seiner Farben, sowohl der rothen als auch der grünen, womit seine Blitze gefärbt waren, und durch die Ströme, die unerwartet sowohl nach oben als auch nach unten hervorbrachen. Der letztere Unterschied war der gewöhnlichen Erscheinung von Strahlen, die gegen das Zenith aus einem Bogen von schwach glänzendem Lichte strömten, entgegengesetzt. Ein ähnliches wurde auch 1818 im atlantischen Meere beobachtet, und seine genannten Eigenthümlichkeiten waren im Anfange auffallender, als gegen das Ende. Nachdem die Schiffe bereits aus dem Polareise unter 65° 40′ N. B. und 59° L. gekommen waren, zeigte sich vom Anfange des Monats October 1820 an auf der Fahrt durch den atlantischen Ocean das Nordlicht fast täglich, erhellte die Nächte selbst bei wolkigem Himmel nach Art des Mondes, wenn dessen Scheibe nicht sicht-

Digitized by Google

bar ist, bei klarer Luft aber glich sein Licht dem dieses Himmelskörpers, wenn er hinter Wolken steht. Nur zwei der beobachteten werden jedoch besonders ausgezeichnet, nämlich das vom 2. Oct. nach 10 Uhr Abends, welches ohne bestimmte Gestalt und Bogen an allen Theilen des Himmels, am meisten aber im Süden sich zeigte, und das vom 3. Oct., welches mehr als gewöhnlich glänzte und daher ausführlich beschrieben wird. Um 9 Uhr Abends erschienen an verschiedenen Theilen des Himmels von O. N. O. durch Süden bis W. b. N. unregelmäſsig zerstreute, wolkenähnliche, erhellte Flocken, welche oft, aber nicht schnell, ihre Stelle wechselten. Bald nachher zeigte sich von W. b. N. bis nach S. S. O. einige Grade südlich vom Zenith ein breiter Streifen Licht, der ein Bestreben hatte, sich bogenförmig zu bilden, indem das Licht desselben von W. nach O. zu gehen schien. In O. N. O. zeigte sich zugleich in 15° bis 20° Höhe eine von der übrigen verschiedene Erscheinung, die vollkommen dem Lichte des Mondes hinter einer dunkeln Wolke glich, aus welcher jedoch zuweilen lebhafte Blitze gegen das Zenith schossen. Ein Viertel nach 10 Uhr wurde das Ganze plötzlich viel glänzender, indem vorzugsweise die bogenförmige Gestalt südlich vom Zenith sich eine Viertelstunde lang mit einem schönen, wellenförmigen, unbeschreiblich schnellen und prächtigen Lichte erhielt. Die Bewegungen dieses Lichtes erinnerten an die einer Schlange, jedoch war die Schnelligkeit oft so groſs, daſs das Auge nur mit Mühe folgen konnte. Der stärkste Theil war blaſsgrünlich, das Uebrige weiſs. Der helle Fleck in O.N.O. wurde auch zugleich viel heller, schoſs lebhafte Blitze, blieb aber ganz abgesondert von dem übrigen Theile des Phänomens. Dieses Nordlicht gab, als es am hellsten war, fast so viel Licht als der Vollmond, machte unbezweifelt die Sterne, über die es wegging, matter und verdunkelte sie zuweilen ganz. Es wird ferner einestheils erwähnt, daſs man nur die Sterne erster und zweiter Gröſse *durch* das Nordlicht gesehen habe, anderntheils aber, daſs im dicksten Theile desselben die vier kleinen Sterne, welche ein verschobenes Viereck im Delphin bilden, sichtbar waren. Dem Anscheine nach war es dem Beobachter sehr nahe, aber erwiesen entfernter als einige sich darunter bewegende Wolken, welche das Licht auffingen. Gegen 11 Uhr wurde das Licht minder glänzend, dehnte sich mehr nach Norden aus und verschwand allmälig vor Mitter-

nacht. Am 11. Oct. endlich wird der Ort des Schiffes zu 61° 11′ N. B. und 31° 12′ W. L. von Greenwich angegeben und zum letzten Male das Nordlicht vom 13. desselben Monats erwähnt. Dieses fing um 7 Uhr Abends als ein glänzend heller Fleck in N. O. an und glich an Helligkeit dem Lichte des Vollmonds hinter einer dunkeln Wolke. Von diesem Puncte aus schossen schwache und schmale Blitze in die Höhe, indem sie etwas nordwestlich vom Zenith vorbeigingen und in W. b. S. herunterzukommen schienen. Der blaue Himmel zwischen den Lichtströmen sah anfangs dunkeln Streifen oder Wolken gleich, bis sich das Auge daran gewöhnt hatte und die Helligkeit der Sterne die Täuschung aufklärte. Eine halbe Stunde später zog sich ein heller Bogen, im Mittelpuncte 34° hoch und ungefähr 2° breit, von dem hellen Fleck in N. O. nach W. S. W. herüber, so daſs der magnetische Meridian ihn fast halbirte. Dieser Theil des Phänomens erhielt sich ungefähr eine Stunde und wurde dann matt, das Nordlicht schien aber, wie gewöhnlich, den übrigen Theil der Nacht hindurch mit bedeutendem Lichte.

Die hier mitgetheilten Beobachtungen sind ohne irgend eine vorgefaſste Meinung und völlig unbefangen angestellt und daher wegen vielfacher daraus abzuleitender Folgerungen wichtig genug, um sie vollständig aufzunehmen. An dieselben schlieſsen sich am schicklichsten diejenigen an, welche von dem nämlichen Beobachter auf seiner dritten Reise in den nördlichen Polarmeeren angestellt wurden[1].

In Port Bowen unter 73° 13′ 39″,4 N. B. und 88° 54′ 48″ W. L. von Greenwich, wo die magnetische Deklination 123° 21′ 55″ W. ist, hinderten einige Berge im Süden den Capt. Parry und seine Begleiter, die schwächeren Nordscheine gehörig zu beobachten, indeſs wird bemerkt, daſs die sämmtlichen vom Oct. 1824 bis März 1825 gesehenen 47 im Allgemeinen den nämlichen Charakter hatten und an derselben Stelle des Himmels sich zeigten. Ausgezeichnet wird die Erscheinung desselben am 21. Dec., wo es mehrere Stunden der Nacht sich als wechselnder Lichtschein am südlichen Himmel fand. Am folgenden Morgen um 7 Uhr wurde es glänzender und anhal-

---

1 Journal of a third Voyage for the discovery of a North-West Passage cct. under the ordres of Capt. W. E. Parry. London 1826. 4. p. 170. ff.

Digitized by Google

tender, indem es einen von O. S. O. nach W. N. W. durch das Zenith gehenden vollständigen Bogen bildete. Auf beiden Seiten dieses Hauptbogens liefen schwächere Bögen von den nämlichen Puncten aus, die im Zenith etwa 20° Abstand vom ersteren hatten. So dauerte es etwa 20 Minuten, als die Lichtschüsse von beiden Bögen sich begegneten und nach einem kurzen Leuchten allmälig verschwanden.

In der Nacht des 15. Jan. zeigte sich das Nordlicht am südlichen Horizonte und dauerte mit wechselnder Helligkeit ungefähr drei Stunden. Von 3 bis 4 Uhr aber war der ganze Horizont von S. bis W. glänzend erleuchtet, indem sich das Licht einige Grade hoch erhob. Aus dieser leuchtenden Masse schossen mehrere Lichtstrahlen aufwärts, welche nach 5 Uhr so glänzend wurden, daſs sie allgemeine Aufmerksamkeit erregten, indem zwei Bögen von O. und W. aus sich nahe beim Zenith vereinigten und viele Strahlen blitzend aus diesen ausfuhren. Am 27. Jan. um Mitternacht erhob sich eine glänzende Masse gelben Lichtes in S. O. und scheinbar in geringem Abstande über der Erde, welche ihres Zusammenhängens ungeachtet aus zahlreichen, scharf begrenzten und verticalen Strahlenbüscheln zusammengesetzt schien. Die Gestalt des Meteors wechselte beständig, so als wenn mehrere Lichtnebel über einander hinzögen, aber plötzlich schien drei Beobachtern gleichzeitig ein glänzender Lichtstrahl aus der ganzen Lichtmasse zwischen ihnen und dem 3000 Schritte entfernten Lande herabzuschieſsen. Auch am 23. Febr. schien ein im Süden befindliches Polarlicht sehr nahe und nur wenige Grade über der Erde erhaben zu seyn.

Auf der Rückkehr wurde das Nordlicht zuerst wieder gesehen am 15. Sept. unter 69° 30′ N. B., 58° 28′ W. L. und bei 76° 47′ westlicher Abweichung der Magnetnadel im Süden als ein glänzendes Licht, welches sich etwa 5° über den Horizont erhob und zwei bis drei Stunden mit wechselnder Stärke und vielem Strahlenschieſsen anhielt. Am 20. bildete das Nordlicht einen glänzenden Bogen, welcher von S. O. nach N. W. durch das Zenith ging, aber unter allen auf der ganzen Reise gesehenen von der gröſsten Schönheit war das am 24. Sept. unter 58° 30′ N. B. und 44° 30′ W. L. bei ungefähr 56° westlicher Abweichung der Magnetnadel. Es erschien zuerst im Osten als dunkel- oder schwefelgelbes Licht, ungefähr 3° über dem Horizonte. Nach einer Stunde, um 9 Uhr, bildete es einen durch

Digitized by Google

das Zenith nach W. übergehenden Bogen. Bald nachher schienen die Strahlen nicht mehr vom östlichen, sondern von einem westlichen Puncte etwa 1° über dem Horizonte auszugehen, nach Art eines leuchtenden Rauches sich durch das Zenith mit groſser Schnelligkeit zu bewegen und nach dem ersten Puncte im Osten wieder herabzugehen. Der Himmel unter dem Lichtpuncte glich einer dicken Wolke, gleich einem Berggipfel, aus dessen Krater das Feuer zu strömen und sich über einander rollend fortzubewegen schien. Das Licht war im Ganzen gelb, doch auch orange und grünlich gefärbt, und an Stärke dem des Vollmonds nahe gleich. Am 5. Oct., als der Himmel mit Wolken bedeckt war, wurde es abwechselnd durch ein Nordlicht so hell, daſs man die Personen in der ganzen Länge des Schiffes erkennen konnte.

Genaue Beschreibungen der Nordlichter und ihrer einzelnen Theile enthalten insbesondere die Berichte Franklin's und seiner Begleiter auf der Reise an den Nordküsten America's[1], die gerade auf diese Meteore ihr Augenmerk vorzüglich richteten und deren Aussagen um so wichtiger sind, als sie sich ganz eigentlich in der Region derselben befanden. Hood, welcher sich in der Gegend von Basquiau Hill unter 53° 5′ N. B. und 103° W. L. aufhielt, sagt, die Nordlichter bestehen aus Strahlen (*beams*), Blitzen (*flashes*) und Bögen. Die Strahlen sind kleine, einander parallel laufende, meistens in der Richtung der Neigungsnadel nach der Erde gekehrte Lichtpinsel; die Blitze scheinen bewegliche, der Erde näher kommende und hiernach sich als gröſser zeigende Strahlen zu seyn, die plötzlich zum Vorschein kommen und dann wieder verschwinden. Wenn das Nordlicht sich zu zeigen beginnt, so gleicht es einem schwachleuchtenden Regenbogen, befindet sich am Horizonte und die Bewegung der Strahlen ist nicht unterscheidbar. So wie es sich dem Zenith nähert, löst es sich in Strahlen auf, welche durch eine schnelle undulirende Bewegung zu Windungen übergehen, verschwinden und wieder erscheinen ohne Zusammenziehung und Ausdehnung einer sichtbaren Materie. Hiermit sind zahlreiche Blitze an den verschiedenen Theilen

1 Narrative of a Journey to the Shores of the Polar Sea in the Years 1819, 20, 21 and 22 by John Franklin cet. London 1823. 4. p. 340. ff.

Digitized by Google

des Himmels verbunden. Daſs diese Theile bei gleichmäſsigem und geringem Abstande von der Erde dem im Horizonte befindlichen Beobachter als ein Bogen erscheinen müssen, folgt einfach aus den Gesetzen der Perspective; auch zeigte sich dieses am 6. und 7. April 1819 bei einem Nordlichte, welches zu Cumberland-House den ganzen Himmel vom Horizonte bis zum Zenith erfüllte, in etwa 55 englischen Meilen Entfernung aber einem Bogen mit Strahlen und Blitzen glich. Hood setzt als Ergebnisse seiner Beobachtungen zu Fort Enterprise unter 64° 28′ 24″ N. B., 113° 6′ W. L. und bei 36° 24′ 7″ östlicher Abweichung der Magnetnadel noch hinzu[1], daſs solche Bögen, welche schon im Horizonte glänzend sind, in dieser Eigenschaft nach dem Zenith hin zunehmen und die Strahlen sichtbar machen, aus denen sie zusammengesetzt sind, wenn ihre innere Bewegung schnell ist. Letztere, einem plötzlichen Erglühen ähnlich, geht von verschiedenen Theilen des Bogens aus und verbreitet sich nach beiden Seiten. Bei dieser Bewegung entstehen die beschriebenen Strahlen, welche sich zu Zweigen, geschlängelten Linien und unregelmäſsigen Krümmungen gestalten, indem die Zweige im Zenith vereint die sogenannte *Krone* erzeugen. So lange die Strahlen ruhig stehen, sind sie nicht gefärbt, denn Farben zeigen sich erst, wenn die Bewegung in ihnen anfängt. Wenn diese Strahlen oft wiederholt gebildet werden und sich stark bewegen, so verschwindet die Gestalt der Bögen, aber es ist nicht zu bezweifeln, daſs sie für einen südlichern Beobachter noch bleibt, indem es absurd seyn würde anzunehmen, daſs diese Wechsel bloſs im Zenith eines einzigen Ortes stattfinden sollten, auch haben gleichzeitige Beobachtungen an verschiedenen Orten im Jahre 1820 das Gegentheil factisch dargethan. Die Bögen, und mitunter bloſs ihre einzelnen Theile, bewegen sich südwärts, wo die letzteren sich zuweilen wieder zu einem kenntlichen Bogen vereinigen, und diese Bewegung dauert von 20 Minuten bis 2 Stunden. Zu Cumberland-House erhielten sich die Bögen zuweilen mehrere Stunden, und will man daher keine langsamere Bewegung derselben annehmen, so muſs ihr Abstand von der Erde gröſser gewesen seyn. Ueberhaupt sind die im Horizonte schwach leuchtenden, ohne Vermehrung ihres Glanzes und ohne die

1 Ebendas. p. 581.

Digitized by Google

innere Bewegung das Zenith erreichenden Bögen für beträchtlich höher zu halten.

An diese genauen Beschreibungen des Nordlichts schlieſsen sich am besten diejenigen an, welche unter fast gleich hohen Breiten, nämlich 69° bis 72° N. B., aber bedeutend verschiedener Länge, nämlich an den Küsten des sibirischen Eismeeres vom russischen Capitain-Lieutenant, Baron v. Wrangel, angestellt wurden[1]. Dieser beschreibt die vielen, während seines mehrjährigen Aufenthalts in jenen unwirthbaren Gegenden genau gesehenen Nordlichter im Allgemeinen auf folgende Weise. Am nördlichen Horizonte, wenn er unbewölkt ist, zeigt sich ein heller und farbenloser Streifen in Form eines Kreissegments, dessen horizontale Weite anfänglich nur 20°, später aber bis 80° und mehr einnimmt und dessen scheinbare Höhe allmälig 1° bis 6° ausmacht. Das Licht dieses Segments ist ruhig und nicht so stark, als das des Vollmondes. Dann schieſsen von Zeit zu Zeit aus dem Segmente, am häufigsten an der Ostseite desselben, unruhige und helle Strahlenbündel von unten nach oben und erhalten sich einige Zeit als bewegliche Säulen, welche sich, wie nach dem Winde, biegen und krümmen. Diese Bewegung ist eben so merklich, als die der Wolken bei starkem Winde. Andere Säulen entstehen an dem Segmente, als wären sie von den ersten angezündet. So schwingt sich die ganze Säulenmenge nach einer gemeinschaftlichen Richtung hin und her; allmälig verschwinden sie, eine nach der andern, nach zwei bis drei Minuten. Zuweilen erzeugen sich solche Säulen von stärkerem Lichte als das Segment in diesem Segmente selbst, deren einige nicht über dasselbe hervorragen, andere aber sehr hoch heraufschieſsen. Der Glanz aller dieser Säulen ist merklich stärker, als der des Segments, aus welchem sie zu entstehen scheinen. Nachdem dieses Entstehen und Verschwinden eine sehr unbestimmte Dauer gehabt hat, verschwinden die Säulen ganz, und dann auch das blässere Segment; wenn aber die Säulen sehr unruhig gewesen sind, verschwindet oft die regelmäſsige Figur des ruhigen Scheins und

1 Physikalische Beobachtungen des Capitain-Lieutenant Baron v. Wrangel während seiner Reise auf dem Eismeere in den Jahren 1821, 1822 und 1823. Herausgegeben und bearbeitet von G. F. Parrot u. s. w. Berl. 1827, 8. S. 55.

es bilden sich unregelmäſsige krumm- und gerad-linige Lichtfiguren, bald zusammenhängend, bald getrennt, die einige Zeit (eine Viertelstunde, auch länger) sich erhalten, blässer werden und dann ganz verschwinden.

Unter allen in mittleren Breiten neuerdings beobachteten Nordlichtern war keins so ausgezeichnet durch seine Vollständigkeit, seinen auſserordentlichen Lichtglanz, unglaublich weite Verbreitung und ungewöhnlich lange Dauer, als das vom 7ten Jan. 1831, jedoch vervollständigen die sehr vielen Beobachtungen desselben nur wenig dasjenige, was bereits durch Mairan darüber mitgetheilt worden ist. Inzwischen dürften nicht sobald wieder so vollständige Beobachtungen möglich werden und es ist daher nöthig, einige derselben mitzutheilen[1]. Am Abende dieses Tages, an welchem der Sonnenuntergang in Berlin eine Minute nach 4 Uhr fiel, erhoben sich nach dem Berichte des Salinendirectors Senff in Colberg nach halb 6 Uhr genau am nordöstlichen und nordwestlichen Horizonte zwei röthliche Wolkenstreifen, die einander entgegenzogen und kurz vor 6 Uhr ein vollständiges, anscheinend aus dunkeln Wolkenmassen bestehendes Kreissegment bildeten, während der einschlieſsende Bogen oben ganz weiſs war, nach beiden Seiten hin aber röthlich, fast rosenroth, dann purpurfarbig, und ganz unten durch Violett in Schwarzblau überging. Die Lebhaſtigkeit dieser Farben wechselte, war aber im Anfange der Erscheinung am stärksten. Aus der Mitte dieses Segmentes stiegen bisweilen parallele Lichtstreifen nach dem Zenith auf, ihr Licht war aber jederzeit matter als das des Saumes und nach obenhin röthlich. Gegen 6 Uhr 30 Min. erhoben sich fast genau im W. und im O. zwei blendend weiſse Lichtstreifen, doppelt so breit als der Saum des Kreisbogens, aber mit geringer Erhebung. Die Lebhaſtigkeit ihres Lichtes wechselte ab, bis sich kurz vor 7 Uhr der westliche Streif mit vollem Glanze erhob, im Bogen nach dem Zenith und über dasselbe hinweglief nach dem östlichen Streifen, der ihm dabei entgegenkam, und sich mit demselben zu einem zweiten bedeutend breiten Kreisbogen verband, welcher so glänzend strahlte, daſs die Erde durch ihn merklich erleuch-

1 Alle Angaben über dieses Phänomen entlehne ich aus Poggendorff's vollständiger Zusammenstellung in dessen Annalen Th. XCVIII. S. 434.

tet ward. Die Bildung dieses zweiten Bogens, gegen welchen der Glanz des ersten verschwand, dauerte kaum 30 Secunden; er bestand nur etwa zwei Minuten, und hiermit endigte die ganze Naturerscheinung, indem nach und nach jede Stelle des Himmels dunkelte, so daſs 15 Minuten nach 7 Uhr gar nichts mehr zu sehen war.

Zu Brakel im Paderbornschen erschien gegen 6 Uhr im Westen ein heller, blendender Schein, wie ein entstehendes Feuer, welcher sich schnell nach Osten in Form eines Regenbogens hinzog und die Gegend so stark erleuchtete, daſs man ohne Anstrengung Gedrucktes lesen konnte. Der Bogen war oben etwas platt gedrückt, man sah die gröſseren Sterne deutlich durch denselben und er verschwand eben so schnell, als er entstanden war, wobei er jedoch in W. und O. einen hellen Schein zurücklieſs. Nach etwa 3 Minuten entstand der Bogen wieder, jedoch höher, so daſs er durch das Zenith ging, verschwand wieder und erzeugte sich nach etwa 10 Minuten abermals, aber jetzt im Rücken der nach Norden gerichteten Beobachter. Während der Entstehung dieser Bögen wurde das Nebelgewölk im Norden erhellt, schoſs röthliche, radienförmige Strahlen empor, welche zunehmend mehr divergirten und höher zum Zenith hin aufstiegen, mit verschiedenem Farbenspiele und ungleicher Intensität des Lichtes wechselten und im Ganzen sich vom nordöstlichen zum nordwestlichen Horizonte hinzogen.

Klöden in Berlin sah erst nach 6 Uhr das dunkle Segment im Norden, über welchem etwas mehr westlich ein Lichtbogen von etwa 20° gröſster Höhe über dem Horizonte sich erhob. Das gelblich weiſse Licht der Zone war stets etwas fluctuirend, es bildeten sich mehrere solche Lichtbögen, die vom östlichen und westlichen Horizonte ihren Ursprung nahmen, mit wechselnder Lichtstärke sich bis in das Zenith zogen, ja bei 45 Graden südlich von demselben erst verschwanden und oft stark erleuchteten feinen Wölkchen glichen. Unterdeſs stiegen vom nördlichen und nordwestlichen, ja vom nordöstlichen bis zum westlichen Horizonte Strahlen empor, meistens von hellweiſser Farbe, deren Ränder am hellsten waren und die von dem Segmente aus das Zenith oft schneller als in einer Minute erreichten. Gleichzeitig mit diesen zeigte sich am nordöstlichen, nördlichen und nordwestlichen Himmel bis etwa 50° Höhe über dem dämmerungsartigen weiſsen Segmente ein prachtvolles rothes

Digitized by Google

Licht, welches in einzelnen Parthieen am Himmel zerstreut und am Rande verwaschen war, auch von den aufsteigenden Lichtstrahlen durchbrochen wurde. Nach halb 8 Uhr erhob sich oberhalb des bis etwa 10° über dem Horizonte niedergesunkenen Dämmerungslichtes eine im Osten und Westen ihre gröſste Stärke zeigende glänzend rothe Zone, welche dem Widerscheine einer entfernten Feuersbrunst glich und allmälig dem Zenithe sich nähernd über die Hälfte des Horizontes einnahm. In dieser stiegen zuweilen Lichtsäulen empor und das Dämmerungslicht erschien gelblich grün. Ein Viertel nach 9 Uhr ermattete dieses rothe Licht und gegen 11 Uhr erhob sich ein Nebel, durch dessen Lücken man bloſs den nördlichen Dämmerungsschein erblickte.

Das dunkle Segment und das rothe Licht wurden sehr deutlich auch in Gotha und Marburg beobachtet, hier in Heidelberg war letzteres vorzüglich ausgezeichnet, in Wien aber beobachtete man bloſs das mehr östlich liegende Segment und einige aus dessen begrenzendem Lichtbogen aufsteigende Strahlen. Egen in Elberfeld sah nach 6 Uhr den bald höher sich hebenden, bald tiefer hinabsinkenden, von Westen nach Osten sich erstreckenden und ein dunkles Segment begrenzenden Lichtschein, um 8 Uhr aber zwei von beiden Seiten des magnetischen Nordens gleich weit abstehende, sich mehr erhebende Lichtbögen, die sich zuletzt in Lichtsäulen auflösten, zuweilen stärker wurden und in gröſserer Höhe roth gefärbt waren, begleitet von einzelnen Flecken rothen Lichtes und partiellen Strahlen an den verschiedenen Theilen des Horizontes von Westen nach Osten. Die Erscheinung dauerte bis nach Mitternacht, das Licht erschien ruhig und nicht flackernd.

In Utrecht gestattete der sehr heitere Himmel eine durch van Molt angestellte genaue Beobachtung. Hiernach stand ein heller, etwa 12° breiter Bogen von S. W. nach N. O. von überall gleich hellem Lichte; nördlich von diesem bildete sich dann aus zwei vom Horizonte aufsteigenden und einer in der Mitte zwischen beiden entstandenen Lichtsäulen, die sich vereinigten, ein zweiter, welche beide mit schönem hellem Lichte strahlten, auch fehlte im Norden das dunkle Segment und der dasselbe einschlieſsende Lichtbogen nicht, aus welchem helle Säulen bis ins Zenith emporstiegen. Gegen 9 Uhr wurde die sogenannte Nordlichtskrone (*Pavillon*) im Zenith wahrgenom-

Digitized by Google

men, aus welcher nach Südwest, Nordost und Nordwest prächtige flammende Streifen herabgingen. Unterdeſs stieg eine wolkenähnliche, vorn runde und hinten mit einem zugespitzten Schweife versehene Lichtmasse von N. O. zum Zenith hinauf, bei diesem vorbei und verschwand in S. O., die Krone erlöschte bald, nach 10 Uhr war bloſs noch der Lichtbogen in N. W. sichtbar, welcher bis gegen Mitternacht dauerte. Röthliche Wolken wurden dort, eben wie in Paris, und am letzteren Orte auch grünliche Stellen beobachtet.

Es ist gewiſs nicht überflüssig, auch von den in England gemachten Beobachtungen das Wichtigste mitzutheilen. In Gosport sah Burney um 5 Uhr 15 Min. einen Lichtbogen von 10° Höhe und 70° Chorde, welcher zunehmend heller und gröſser wurde, so daſs er nach 15 Minuten schon den Raum von Westen bis 55° östlich vom Meridiane, also 145°, einnahm. Von diesem stieg eine Lichtsäule bis 35° empor, und gleich darauf bildete sich ein schöner, regenbogenartiger Bogen dadurch, daſs plötzlich von O. N. O. und S. S. W. Streifen aufstiegen, die sich 10° südlich vom Zenith begegneten. Um 5 Uhr 35 Min. theilte sich dieser Bogen etwas östlich vom Scheitel und die langen Streifen, aus denen er bestand, gingen in hellen Stücken, leuchtenden Wolken ähnlich, langsam nach Süden, zwei nach S. O. und eins nach S. W. Bald nachher bildete sich eben daselbst ein neuer Bogen, welcher südlich fortrückte, über den Mars, der in 45° Höhe und nahe am Zenith stand, hinaus, bis er verschwand, während der Bogen um das Segment im Norden stieg, aber zugleich fast erlosch. Nach 6 Uhr erhoben sich am nordöstlichen und nordwestlichen Horizonte Lichtsäulen von ungleicher Länge und Breite, deren einige Farbenspiel zeigten und durch das Zenith gingen; der Bogen im Norden stieg und sank zugleich abwechselnd und es erhoben sich aus ihm mehrere karmoisinrothe Säulen von ausgezeichneter Schönheit, zwischen 7 und 8 Uhr aber erlangte das Nordlicht seine gröſste Schönheit, indem es über zwei Drittheile des ganzen Himmels einnahm und die verschieden geformten und mannigfach wechselnden, roth, orangefarben, karmoisin, grün und purpurfarben gefärbten Säulen mit dem reinen Blau des Himmels und dem funkelnden Lichte der Sterne einen auffallenden Contrast bildeten. Die Erscheinungen wiederholten sich noch einigemale in geringerer Stärke, der Nordlichtbogen,

aus dem noch abwechselnd Säulen aufstiegen, sank allmälig tiefer, hatte um 1 Uhr noch etwa 6° Höhe, aber bis 2 Uhr sah man noch einzelne schwache Lichtblitze. In Woolwich beobachtete Sturgeon zuerst den einen Bogen, es bildete sich jedoch nach einer Stunde in einer gröſseren Höhe ein zweiter, ihm concentrischer, welche im Verlaufe der Zeit ungleiche Höhen, nie aber mehr als 21° erreichten. Die Enden beider verloren sich anscheinend in einer dunkeln Wolke; aufsteigende Lichtsäulen wurden gleichfalls beobachtet, und namentlich zeigten sich solche auch in dem dunkeln Segmente, einmal sogar verschwand dieses Segment völlig und der ganze östliche Horizont war erleuchtet, es stellte sich jedoch wieder her, und so wurde die Erscheinung bis 12 Uhr beobachtet. Den von Burney gesehenen südlichen Bogen erwähnt Sturgeon nicht, wohl aber geschieht dieses durch Christie zu Blackheath bei Greenwich.

Vorzüglich wichtig sind die Beobachtungen aus Scandinavien. Svanberg in Upsala erblickte erst 20 Minuten nach 6 Uhr einen schwachen Schein im Norden, dagegen zeigte sich ihm das Phänomen in hohem Glanze am südlichen Himmel, wo eine rothe Säule in W. S. W. den Horizont berührte, deren Endspitze mit den Spitzen anderer in W. und S. aufsteigender Säulen in 70°,3 Höhe die Krone bildete. Sie hatte nur eine augenblickliche Existenz, indem die sie erzeugenden Säulen sich in einen länger dauernden Bogen formirten. Auch in Stockholm sah Rudberg das dunkle Segment mit seinem 20° bis 30° über den Horizont erhabenen Lichtbogen, von welchem keine Säulen, sondern nur flackernde Lichtwellen aufstiegen. In Kila sah man um 6 U. 15 M. am nördlichen Himmel ein Wolkenbette, von welchem eine Menge Strahlen ausgingen, am südlichen stand zugleich ein dunkler Wolkengrund mit einem leuchtenden Nimbus. Durch die Mitte des Himmels, etwas südlich vom Zenith, ging ein schöner rother Lichtbogen vom westlichen zum östlichen Horizonte, unten doppelt so breit als ein Regenbogen, oben schmaler, mit einer strahlenden, etwas feuergelblichen und helleren Glorie (einer Krone), welcher sich wohl eine Stunde erhielt. Während seines allmäligen Abnehmens schossen Strahlen von allen Gegenden nach dem Zenith hin, so daſs um 8 Uhr der ganze Himmel mit dem Nordlichte bedeckt war. Lieutenant Johnson in Christiania, ein Schüler von

Hansteen, hat das Phänomen dort nicht bloſs genau beobachtet, sondern auch durch eine Zeichnung den Anblick desselben versinnlicht[1]. Um 6 Uhr Abends sprang dort der schwache nördliche Wind nach einem heitern Tage plötzlich nach W. oder W. S. W. um, der Himmel bewölkte sich und es fiel so viel Reiſschnee, daſs die Straſsen glatt mit Eis überzogen wurden. Plötzlich zeigte sich ein heller ellipsenförmiger Streif von W. S. W. durch das Zenith nach O. N. O., oben etwa 60° breit, an der Südseite durch die schon am Tage beobachtete Schneebank, ein finsteres, entfernten schwarzen Bergen ähnliches Gewölk, an der Nordseite durch eine Nordlichtbank begrenzt, aus welcher ein weiſses Flammenmeer bis zur Höhe der Cassiopea hervorströmte. In der groſsen Axe der Ellipse lag ein mit Regenbogenfarben prangender Bogen, welcher mit beiden Schenkeln den Horizont berührte, am Zenith etwa 2°, unten gegen 9° breit war und in der Mitte die einer Glorie oder matten Sonne ähnliche Krone bildete, aus welcher Strahlen nach allen Seiten fuhren. Unter den stärksten Farben, dem Gelb, Violett und Roth, war die letztere vorherrschend, fiel oben am Bogen ins Weiſsliche, näher am Horizonte ins Dunkle, so daſs es einer nächtlichen Feuersbrunst glich. Der Bogen stand eine halbe Stunde, dann vertheilte sich die Krone, demnächst von W. her allmälig der Bogen, das Nordlicht blieb im S. noch als weiſsliche Wolken; dann bezog sich um halb 7 Uhr etwa der Himmel mit Wolken und der Wind aus W. hörte auf. Fig. 14.

Daſs die zuweilen beobachteten einzelnen Lichtbögen, wie z. B. durch Hällström[2] und andere, insbesondere aber am 29. Sept. 1828 durch Capt. Kater und von Moll zu Chesfields Lodge in England[3], gleichfalls in die Classe der Nordlichter gehören, scheint mir keinem Zweifel zu unterliegen; in-

---

1 Sehr viele Beschreibungen von Nordlichtern sind von Zeichnungen begleitet. Inzwischen glaube ich, daſs diese nur wenig Belehrung gewähren, und ich beschränke mich daher auf die Mittheilung dieser einzigen, welche wegen der im Süden und im Norden stehenden Wolkenmassen vorzügliches Interesse gewährt. Sie stellt das Ansehn des Himmels, projicirt auf den Horizont von Christiansand, vor, das Auge des Beobachters auſserhalb der Himmelskugel gedacht.

2 G. XVIII. 74.

3 Phil. Mag. and Ann. T. IV. p. 337.

Digitized by Google

zwischen halte ich es für überflüssig, solche mehrmals wahrgenommene bogenartige Lichtscheine einzeln namhaft zu machen.

B. Einzelne Erscheinungen beim Nordlichte.

Gäbe es eine allgemein oder auch nur von dem gröſsten Theile der Physiker angenommene, allen einzelnen Erscheinungen und deren Bedingungen genügende Erklärung dieses Meteors, so dürfte es mit Recht überflüssig zu seyn scheinen, der allgemeinen Darstellung des Phänomens noch eine in das Einzelne eingehende specielle Erörterung desselben folgen zu lassen; allein da dasselbe noch keineswegs vollständig erklärt ist, so halte ich es nicht bloſs für nützlich, sondern sogar für nothwendig, dasjenige aus den zahlreichen Berichten zusammenzustellen, was als gewisse Thatsache zu betrachten ist, und dieses von demjenigen zu sondern, was zweifelhaft bleibt oder als falsch verworfen werden muſs, um wo möglich eine feste Grundlage für gegenwärtige und künftige Erklärungsversuche zu erhalten.

a) Periodischer Wechsel der Nordlichter.

Es ist ausgemacht, daſs die Nordlichter zu gewissen Zeiten häufiger sind, als zu andern, allein es ist dennoch keine leichte Aufgabe, hieraus einen bestimmten periodischen Wechsel für kürzere oder längere Zeiträume abzuleiten. Geht man in die älteren Zeiten zurück, so bleibt es fraglich, ob alle Erscheinungen desselben an irgend einem gegebenen Orte vollständig aufgezeichnet sind. Damals fehlten auſserdem die jetzigen zahlreichen Zeitschriften, welche die Beobachtungen aus entfernten Gegenden zur allgemeineren Kenntniſs bringen, indem man früher wohl nur diejenigen beachtete, welche zwischen dem 45sten bis etwa 52sten Breitengrade gesehen wurden, abgerechnet daſs manche wegen bedeckten Himmels oder des nächtlichen Schlafes der Beobachter unbemerkt blieben. Hieraus wird erklärlich, warum die Register aus verschiedenen, nicht sehr weit entfernten Gegenden keineswegs mit einander übereinstimmen. Weil aber diese Bedingungen in längeren Perioden sich nothwendig wieder ausgleichen müssen, so geht aus den vorhandenen Angaben wenigstens so viel hervor, daſs sie auch unter den genannten Breiten in gewissen mehrjährigen Zeiträumen bald

Digitized by Google

häufiger bald seltener waren, wenn sie sich gleich unter sehr hohen Breiten stets ziemlich häufig, aber in den Perioden des Mangels auch dort von weit geringerer Stärke zeigten.

Daſs ihre Beobachtung bis hoch in das geschichtliche Zeitalter hinaufreicht, ist nicht bloſs mit Gewiſsheit zu erwarten, sondern findet sich auch in der Erfahrung bestätigt; allein die sehr alten Nachrichten von ihnen sind kaum geeignet, bei der Frage über einen periodischen Wechsel derselben als Grundlage zu dienen, weil sie als Vorbedeutungen wichtiger Ereignisse betrachtet[1] und in der groſsen Classe der feurigen und leuchtenden Meteore mit begriffen wurden. Der erste, welcher sie nicht mehr als solche ansah und darstellte, ist Gassendi, mit welchem die genaueren Beschreibungen derselben anfangen und der ihnen in Folge des von ihm am 12. Sept. 1621 gesehenen den Namen *aurora borealis* beilegte. Schon Aristoteles[2] erwähnt dieses Phänomen, nicht minder Plinius[3] und Seneca[4], so wie auch eine Menge Schriftsteller der späteren Zeit. Eine sehr vollständige Zusammenstellung der älteren Nachrichten, welche unter andern Lycosthenes[5], Julius Obsequenz[6], Gregorius Turonensis[7] und spätere Schriftsteller aufgezeichnet haben, ist durch v. Mairan in seinem bekannten Werke mitgetheilt worden[8]. Nach seiner Angabe sind folgende bekannt geworden.

Von	583	bis	1354	zusammen	26	giebt jährlich	0,034
-	1446	-	1560	—	34	—	0,300
-	1561	-	1592	—	69	—	2,226
-	1593	-	1633	—	70	—	1,750
-	1634	-	1684	—	34	—	0,680
-	1685	-	1721	—	219	—	8,422
-	1722	-	1745	—	961	—	41,782
-	1746	-	1751	—	28	—	5,600

1 Bertholon in Encycl. meth. Part. de Phys. Art. Aurore boréale.

2 Meteor. L. I. cap. 4 u. 5.

3 Hist. nat. L. II. cap. 26 u. 27.

4 Quaest. nat. L. II.

5 Chronicon prodigiorum ac ostentorum. Basil. 1557. fol.

6 De prodigiis. Cum notis Var. cur. F. Oudendorp. Lugd. Bat. 1720. 8.

7 Opp. cur. Th. Ruinarti. Par. 1699. fol.

8 Verschiedene ältere Beobachtungen und eine Angabe derjeni-

Digitized by Google

Dieses Verzeichniſs ist zwar keineswegs ganz zuverlässig, weil sicher manche wirklich erschienene Nordlichter darin fehlen und zugleich manche anderweitige leuchtende Meteore darin aufgenommen sind, allein es beweist wenigstens im Allgemeinen so viel, daſs auch früher die Zahl der Nordlichter nicht in allen Jahren gleich groſs und im Ganzen wohl weder bedeutend gröſser noch auch kleiner war, als gegenwärtig. Auch der in den letztverflossenen Jahren beachtete gänzliche Mangel derselben findet sich schon in jenen älteren Zeiten. Nach Mairan soll von 1465 bis 1520 gar kein Nordlicht erwähnt seyn, obgleich man damals nicht vergaſs, alle auffallende Erscheinungen am Himmel aufzuzeichnen. Auch von 1581 bis 1600 sollen sie gänzlich fehlen und von 1621 bis 1686 wieder eine Lücke seyn, obgleich es gerade damals viele fleiſsige Beobachter des Himmels gab. Auf alle Fälle ist es schwer, die einzelnen hier und dort zerstreuten Nachrichten von beobachteten Nordlichtern vollständig aufzufinden, dabei gegen mehrmalige Angaben des nämlichen Phänomens gesichert zu seyn und sich sonach eine zuverlässige Grundlage des Urtheils über einen periodischen Wechsel derselben zu verschaffen. So sollen unter andern nach Mairan von 1686 an in den folgenden Jahren mindestens einige Nordlichter erwähnt werden, aber Halley[1] sagt von dem, welches er 1716 beobachtete, es sey dieses das erste, was er, damals 60 Jahr alt, gesehen habe, und doch sind diese Meteore in England schon häufiger als auf dem Continente. Bertholon[2] theilt in seiner sehr ausführlichen Abhandlung über das Nordlicht eine weitläuftige, nach Jahren geordnete Tabelle der beobachteten Nordlichter mit. Nach dieser fehlen sie aber keineswegs in den eben genannten Perioden gänzlich, wohl aber in einzelnen regellos wechselnden Jahren, z. B. von 1600 an in den Jahren 1601, 1604, 1610 u. 11, 1613, 1616 bis 1621, 1631 u. 32, 1635 u. 36, 1639, 1641 bis 44, 1647 bis 49, 1651 bis 53, 1656, 1658 bis 60, 1667 bis 70, 1672, 1674 u. 75, 1678 u. 79, 1681, 1687 bis 89, 1691, 1700 u.

---

gen Schriftsteller, welche diese aufgezeichnet haben, findet man in Musschenbroek Introd. §. 2489. desgleichen von F. C. Maier in Comm. Pet. T. I. p. 366: u. a. a. O.

1 Phil. Trans. N. 347.

2 Encyclop. meth. T. I. p. 341.

Digitized by Google

1701, 1703, 1705 u. 6, 1712 u. 13, 1715, worauf dann mit 1716 die Periode ihres unglaublich häufigen Erscheinens beginnt, welche für das Jahr 1730 das Maximum mit 116 giebt. Befinden sich hierunter auch einige doppelt gezählte, so ist doch die überwiegend groſse Menge derselben in dieser Periode nicht zu verkennen, denn auch Musschenbroek[1] versichert, daſs sie seit dem Jahre 1716 sehr häufig gewesen wären, indem er selbst in Utrecht und Leiden 720 beobachtete, Celsius aber für Scandinavien von jenem Jahre an gerechnet 316 aufzeichnete[2].

Die genauern und vollständigern Aufzeichnungen der Nordlichter in den neuern Zeiten führen unverkennbar zu dem Resultate, daſs die nämlichen nicht an allen den Orten, wo sie gleichzeitig gesehen werden konnten, wirklich wahrgenommen und aufgezeichnet wurden, woraus eben eine groſse Schwierigkeit der Bestimmung eines periodischen Wechsels hervorgeht. Nach Cotte[3] wurden zu Leiden in 29 Jahren 750, also jährlich 26, zu Franecker in 7 Jahren 177, also jährlich 25 beobachtet, welches sehr nahe übereinstimmt. Zu Montmorenci dagegen

von	1668	bis	1779	zusammen	131	giebt	jährl.	1,2
-	1780	-	1789	—	84	—		9,3
-	1790	-	1808	—	53	—		2,9

Für Paris giebt derselbe an

von	1634	bis	1684	zusammen	34	giebt	jährl.	0,7
-	1685	-	1721	—	219	—		6,0
-	1722	-	1745	—	961	—		41,8
-	1746	-	1751	—	28	—		5,6

Hierbei ist insbesondere die von 1722 an fallende groſse Zahl höchst merkwürdig und erzeugt den Verdacht irriger Angaben, denn selbst in Upsala beobachtete Celsius[4] von 1716 bis 1732 nur 224, also jährlich 14. Es bleibt dabei immerhin möglich, daſs Nordlichter, welche einige Tage nach einander wiederkehrten und selbst in der nämlichen Nacht ein oder einige Male unterbrochen wurden, an dem einen Orte nur einfach, an ei-

1 Introd. §. 1489.

2 Sertorius diss. de aurora bor. Heid. 1760. 4. p. 4.

3 Mémoire sur la Méteorologie. Par. 1789. Journ. de Phys. LXXII. p. 168.

4 Observationes de lumine boreali. Norimb. 1733. 4.

Digitized by Google

nem andern mehrfach gezählt sind. Soviel ist einmal ausgemacht, daſs die Nordlichter von 1720 an bis etwa 1790 im Ganzen sehr zahlreich waren, nachher wahrhaft unter die Seltenheiten gehörten, so daſs wir uns nach Hansteen[1] von jener Zeit an und während der ersten drittehalb Decennien dieses Jahrhunderts in einer der groſsen Pausen dieser Meteore befinden. Dieses geht sowohl aus den bereits mitgetheilten Verzeichnissen, als auch aus denen anderer Schriftsteller hervor, von denen ich unter andern folgende mittheile. Nach Kirch wurden zu Berlin von 1707 bis 1735 zusammen 106 Nordlichter gesehen. In den Verhandlungen der Londoner Societät werden vor 1716 gar keine erwähnt, von dieser Zeit an aber bis 1750 zusammen 202. Celsius[2] zählt nach eigenen und fremden Beobachtungen in Schweden von 1716 bis 1733 im Ganzen 384; Kraft[3] nach seinen Registern in Petersburg für die Jahre von 1726 bis 1736 einschlieſslich 144, de l'Isle[4] aus eigenen und seines Bruders Beobachtungen gleichfalls in Petersburg und in den nämlichen Jahren nicht weniger als 233; Thomas Short[5] giebt für die Jahre 1717 bis 1742 die Zahl der merkwürdigen zu 127 an; Eust. Zanotti und Bart. Beccari beobachteten zu Bologna und an andern Orten Italiens von 1727 bis 1751 überhaupt 88; Weidler[6] in Wittenberg von 1731 bis 1750 im Ganzen 91; in Carlsruhe wurden von 1779 bis 1783 einschlieſslich 68 beobachtet, von 1790 bis 1803 aber gar keins[7].

Aus den hier mitgetheilten Zusammenstellungen geht unverkennbar hervor, daſs die Menge der Nordlichter allerdings einem sehr auffallenden Wechsel unterworfen ist, allein es dürfte zugleich sehr schwer seyn, eine bestimmte Periodicität dieses Wechsels aus ihnen aufzufinden. Ritter[8] erregte sei-

1 Schweigger's Journ. N. R. XVI. 197.

2 Phil. Trans. XXXIX. p. 241. Year 1736. Acta Lit. Suec. anni 1731.

3 Comm. Soc. Pet. T. IX. p. 328.

4 Mém. pour servir à l'histoire et au progrès de l'Astronomie. Pet. 1738.

5 General and chronological history of air cet. Lond. 1749.

6 Dissert. de aurora boreali. Vitemb. 1751. 4.

7 Diese durch die Güte des Dr. Eisenlohr mir mitgetheilten sehr genauen Beobachtungen werde ich später noch weiter benutzen.

8 G. XV. 206. XVI. 221.

Digitized by Google

ner Zeit vieles Aufsehen durch die Behauptung, daſs die Nordlichter eine zehnjährige Periode ihrer zahlreichern und seltenern Erscheinungen befolgten und hierbei mit den Meteorsteinfällen wechselten, wonach also 1806 oder spätestens 1816 wieder ein Maximum ihrer Zahl eintreffen sollte; allein diese letztere Folgerung ist nicht eingetroffen und überhaupt zeigt sich die ganze Hypothese als der Erfahrung widerstreitend, so daſs man den Beifall, womit sie aufgenommen wurde, hauptsächlich nur der Dreistigkeit zuschreiben muſs, womit zwei sehr räthselhafte und höchst interessante Phänomene anscheinend in einen gewissen Causalnexus gesetzt wurden. Zur Begründung seiner Hypothese benutzt Ritter hauptsächlich die Beobachtungen des Pastor Zeissig. Hiernach fallen in die Jahre

1770 —	7	1780 —	4	1788 —	16
1771 —	1	1781 —	4	1789 —	2
1772 —	1	1783 —	5	1790 —	2
1773 —	4	1784 —	3	1792 —	2
1777 —	4	1785 —	1	1793 —	1
1778 —	5	1786 —	2	1796 —	1
1779 —	12	1787 —	10		

und sie fehlten gänzlich in den nicht angegebenen Jahren. Inzwischen stimmen diese Angaben nicht genau mit den Ergebnissen der Carlsruher meteorologischen Register überein, die ihrer Vollständigkeit und Genauigkeit wegen von groſser Wichtigkeit sind[1]. Hiernach wurden zu Carlsruhe beobachtet

1779 —	23	1783 —	10	1804 —	1
1780 —	19	1784 —	4	1817 —	3
1781 —	12	1786 —	4	1831 —	1
1782 —	4	1789 —	6		

sie fehlten aber gänzlich in den nicht angezeigten Jahren. Aber auch in diesen wurden an andern Orten allerdings Nordlichter gesehen, wie hauptsächlich aus der nachher folgenden Uebersicht der Beobachtungen aus dem jetzigen Jahrhundert mit gröſster Evidenz hervorgeht, sich aber auſserdem schon aus Dalton's Angaben[2] ergiebt. Dieser beobachtete nämlich

---

1 Ich folge hierbei den Mittheilungen des Dr. Eisenlohr, welche unbedeutend von demjenigen abweichen, was Boeckmann in G. VII. 32. bekannt gemacht hat.

2 G. XV. 205.

Digitized by Google

1788 —	53	1796 —	0	1799 —	2
1794 —	6	1797 —	13	1800 —	4
1795 —	2	1798 —	0	1801 —	5

Die in dem laufenden Jahrhunderte bis zum 7. Jan. 1831 an den verschiedenen Orten gesehenen Nordlichter sämmtlich in einem Verzeichnisse zusammenzustellen ist zwar von untergeordnetem Interesse, inzwischen scheint es mir dennoch räthlich, bei einem so merkwürdigen und noch keineswegs genügend erklärten Phänomene alle diejenigen Beobachtungen aus der genannten Periode aufzunehmen, welche mir beim Nachlesen über diese Meteore vorgekommen sind, mit Ausschluſs der unter hohen Breiten und der in Nordamerica gesehenen, wobei ich jedoch keineswegs absolute Vollständigkeit verbürgen kann. Folgendes ist wenigstens ein ziemlich vollständiges chronologisches Verzeichniſs.

1801 sah Hällström[1] ein Nordlicht zu Åbo am 11. und 12. Oct., Brewster[2] zu Edinburg am 5. Dec.

1802 wurden in Schweden Nordlichter gesehen[3] am 2. Jan., am 6. und 29. März, am 16. und 29. April und durch v. Horner zu Schaageragt unter 57° N. B. 8° O. L. von Greenwich am 19. Sept.

1804 wurden Nordlichter gesehen am 12. Oct. durch Ausfeld in Schnepfenthal[5], am 22. Oct. durch Wrede in Berlin, Gilbert in Halle, Sommer in Königsberg, Lamark in Paris, Bory de St. Vincent in Brügge, desgleichen in Petersburg und an verschiedenen andern Orten[6].

1805 am 1. Jan. und 26. März durch W. Pitt in Carlisle[7], am 23. Febr. durch Dalton in Manchester[8], ferner am 27. u. 28. Mai, am 29. Aug., am 21. u. 22. Sept., am 13., 20. u. 22. Octbr., am 16., 18., 19., 20., 25. u. 26. Novbr. und am 26. Decbr.

---

1 G. XVIII. 75.
2 Edinb. Journ. of Sc. IX. 74.
3 Dissert. de arcubus luminosis in coelo conspectis. Praes. Hällström. Aboae 1802.
4 V. Zach Mon. Corr. IX. 58.
5 G. XIX. 108.
6 G. XIX. 106. 111. 249. 252.
7 G. XIX. 219.
8 Nicholson Journ. X. 303.

Digitized by Google

1806 am 2. Nov. von W. Brandes zu Eckwarden und am 22. Dec. von Gilbert in Halle, das nämliche, welches auch zu Paris gesehen wurde[1].

1807 am 13. Jan. von Gilbert in Halle[2] und am 26. März von Hausmann[3] auf der Grenze zwischen Norwegen und Schweden unter etwa 62° 5′ N. B.

Von hier an folgt eine, wie es scheint, mindestens für das Continent vollständige Lücke.

1814 wurde wieder ein Nordlicht am 7. Apr. durch Howard in Tottenham gesehen[4] und

1816 am 7. Oct. durch Hansteen zu Christiania[5].

1817 wurden verschiedene an mehreren Orten gesehen, am 6. Febr. zu Paris[6], am 8. ebendaselbst, in Leipzig[7], in der Schweiz[8] und zu Christiania durch Hansteen[9], am 9. in Königsberg, zwischen dem 8. und 11. mehrmals zu Stockholm, am 18. in Hamm[10], am 27. Aug. durch Biot auf der Insel Unst, am 19. Sept. durch Dupin zu Glasgow[11].

1818 am 31. Oct. in Sunderland[12].

1819 am 15. Oct. zu Suffolk und am 17. Oct. zu Seathwaite in Cumberland[13], am 14. Dec. durch Daniell[14] zu London.

1820 am 14. Jan. zu Stratford[15], (am 3. Apr. an der Ostküste Grönlands durch Scoresby[16],) im Nov. zu Petersburg[17].

---

1 G. XXIV. 363. XXIX. 428.
2 Ebend. XXIV. 365.
3 Dessen Reise durch Skandinavien. Th. V. S. 259.
4 G. LI. 72.
5 Schweigg. Journ. N. R. XVI. 196.
6 Ann. Ch. Phys. VI. 443.
7 G. LV. 248.
8 Bibl. univ. IV. 158.
9 Schweigg. Journ. N. R. XVI, 196.
10 Gronau in Verhandl. der Berl. Ges. Naturf. für 1820. S. 128.
11 G. LXVII. 189.
12 Ann. of Phil. XIII. 71.
13 Ebend. XIV. 472.
14 Dessen Meteorological Essays and Observations. Lond. 1823. p. 399.
15 Ann. Ch. Ph. XV. 425.
16 Dessen Reise übers. von Kries. S. 31.
17 Ann. Ch. Ph. XV. 425.

1822 am 13. Febr. durch MACKENZIE zu Inverness in Schottland [1].

Nach einer abermaligen Unterbrechung von zwei Jahren beginnt die Periode der häufigern Nordlichter.

1825 am 19. März und 17. Aug. zu Leith [2], am 25. Aug. zu Christiania, am 10. Sept. zu Leith, am 7. Oct. zu Paris, am 3. u. 4. Nov. zu Leith und zu Bergen in Norwegen, am 22. Nov. zu Leith [3].

1826 am 5. Jan. zu Königsberg [4] und zu Leith, am 16. Jan. zu Leith [5], am 21. Jan. zu Edinburg [6], am 29. März in England von DALTON und mehreren andern Personen [7], am 29. Apr. zu Carlisle [8].

1827 am 9. Jan. durch MARSHAL in Kendal, am 16. Jan. durch BLACKADER zu Edinburg [9], am 18. Jan. und 17. Febr. zu Gosport, am 27. Aug. zu Perth in Schottland, am 28. Aug. zu Roxburghshire [10], am 29. Aug. zu Milnegraden in Berwickshire [11], am 8. Sept. zu St. Cloud, am 9. Sept. zuerst am Tage und dann des Abends zu Canonmills und Roslin [12], am 25. Sept. zu Paris, in Holland, in der Schweiz, in England, namentlich in London [13], in Dänemark und Schweden, am 6. Oct. zu Manchester, am 17. Oct. zu Gosport, am 18. u. 19. zu Roxburghshire [14], am 27. Dec. zu Kendal [15]. Um die nämliche Zeit sah KEILHAU [16] eine weit gröſsere Menge in Finmarken, näm-

---

1 Edinb. Phil. Journ. N. XII. p. 380.

2 Edinb. Journ. of Sc. N. IX. p. 86; 89 u. 91.

3 Phil. Trans. 1829. p. 103. Ann. Ch. Ph. XXX. 424. Von diesem Jahre an beginnen die Verzeichnisse der beobachteten Nordlichter durch ARAGO in den Annales de Chimie et Physique, die ich benutzt habe und daher meistens auf diese verweise.

4 G. LXXXVI. 560.

5 Edinb. Journ. of Sc. IX. 190.

6 Edinb. Journ. of Sc. XVII. 129.

7 Phil. Trans. 1828. p. 291.

8 Ann. Ch. Ph. XXXIII.

9 Edinburgh phil. Journ. N. S. VI. 342.

10 Edinb. Journ. of Sc. XIV. 376.

11 Edinb. phil. Journ. N. S. VI. 379.

12 Ebend. p. 378. Edinb. Journ. of Sc. XVII. 138.

13 Quarterly Journ. of Science. N. S. IV. 385.

14 Edinb. Journ. of Sc. XV. 171.

15 Phil. Trans. 1828. p. 301.

16 G. XC. 621.

Digitized by Google

lich am 28. Sept., am 1., 16., 18. u. 30. Oct., am 11., 13., 19., 22. Nov., am 1., 7., 9., 10., 13., 21., 24., 29., 31. Dec. und im Jahre 1828 am 1., 3., 4. Jan.

1828 am 5ten Juli zu Mont Morillon[1], am 15. Sept. zu Edinburgh und Islay-House[2], am 29. Sept. in England und den Niederlanden[3], am 15. und 29. Oct. zu Perth[4], am 11. Nov. durch Erman zu Tobolsk[5], am 1. Dec. zu Beresow und Manchester und am 26. Dec. ebendaselbst und an mehreren Orten in England[6].

1829 am 2. Jan. zu Kendal, am 11. Febr. durch v. Humboldt zu Berlin, am 23. März zu Biggleswade in England, am 4. Apr. zu Dieppe, am 25. Juli zu Kendal, am 19. Sept. zu Manchester, am 21. u. 22. Sept. zu Aberdeenshire, am 1. Oct. ebendaselbst, am 3. Oct. zu Manchester, am 6. Oct. zu Kendal, am 11. Oct. zu Aberdeenshire, am 17. Oct. zu Manchester, am 25. Oct. zu Kendal, am 17., 18. u. 19. Nov. zu Aberdeenshire, am 14. u. 20. Dec. zu London und Aberdeenshire[7].

1830 am 25. Jan. zu Aberdeenshire, am 28. Jan. zu Kendal, am 19. Febr. ebendaselbst, am 18. März zu Aberdeenshire, am 19. Apr. zu Manchester, am 5. Mai zu Petersburg, am 20. Aug. zu Kendal, am 7. u. 17. Sept. in Schottland, am 13. in Petersburg, am 5. u. 16. Oct., am 1., 4. u. 7. Nov. zu Gosport, am 7. Dec. zu Christiania, am 11., 12. u. 25. Dec. zu Gosport[8]. Ueberhaupt waren im Herbst dieses Jahres die Nordlichter in Schottland so häufig, daſs im September allein 9 gesehen wurden[9], in Bedford[10] unter 52° 8′ 48″ aber vom 7. Sept. bis 14. Dec. zusammen 13 und vom 7. bis 11. Jan. 1831 noch 3. Eben so häufig waren sie in Norwegen, woselbst nach Hansteen[11] vom Anfang Augusts bis Ende Dec. 35 beobachtet wurden.

1 Ann. Ch. Ph. XXXIX. 415.
2 Edinburgh Journ. of Sc. XIX. 177.
3 Ebend. p. 146. u. Ann. Ch. Ph. XXXIX. 418.
4 Edinburgh Journ. of Sc. XIX. 179.
5 Poggendorff Ann. XXII. 550.
6 Ann. Ch. Ph. XXXIX. 421.
7 Sämmtlich aufgezeichnet in Ann. Ch. Ph. XLII. 355. XLV. 408 ff.
8 Desgl. aus Ann. Ch. Ph. XLV. 409.
9 Edinburg Phil. Journ. N. S. N. XIX. p. 177.
10 Phil. Mag. and Ann. N. 53. p. 393.
11 Poggendorff Ann. XXII. p. 252.

Digitized by Google

Aus dieser Uebersicht der in diesem Jahrhunderte geſehenen Nordlichter geht auf jeden Fall unverkennbar hervor, daſs ſie nach einer auffallenden Unterbrechung gegenwärtig zahlreicher zu werden anfangen. Inzwiſchen darf man die Vermehrung in den letzten Jahren nicht unrichtig ſchätzen, wie leicht geſchehen könnte, wenn man bloſs die Zahl der namhaft gemachten in Betrachtung ziehen wollte, indem man vielmehr berückſichtigen muſs, daſs theils die Aufmerkſamkeit des Publicums auf dieſe Meteore und der Fleiſs in ihrer Beobachtung wegen ihres entdeckten Zuſammenhanges mit dem Magnetismus geſteigert iſt, theils aber die Hülfsmittel zur Bekanntmachung derſelben durch die Menge der Zeitſchriften auſserordentlich vermehrt ſind. Die gröſste Zahl der aus den letzteren Jahren angegebenen wurden nämlich in England und Schottland geſehen, allein zuverläſsig wurden auch in den früheren Jahren dort viele beobachtet, die überall oder mindeſtens mir nicht bekannt geworden ſind. Dagegen folgt aus den für einzelne Orte, z. B. Carlsruhe, Leiden, Paris und Montmorenci, mitgetheilten Verzeichniſſen, daſs ihre Zahl ſelbſt in den letzten drei Jahren keineswegs ſo groſs iſt, als vor einem Jahrhundert, und es ſcheint mir im Ganzen aus dieſer Unterſuchung nichts weiter hervorzugehen, als daſs ſowohl ihre Zahl im Allgemeinen, als auch die der ausgezeichnet ſtarken im Beſondern in regelloſen Zwiſchenräumen wechſelt, wobei man ſich faſt berechtigt fühlt anzunehmen, daſs ſie überhaupt gegen frühere Zeiten und zuverläſsig in Vergleichung mit dem vorigen Jahrhunderte ſeltener geworden ſind. Hansteen[1] iſt der Meinung, daſs ſie in den letzten 10 bis 12 Jahren weit zahlreicher waren und daſs er ſie namentlich um die Zeit der letzten Nachtgleichen in gröſserer Menge beobachtet habe, als ſeit 1793. Hiernach hält er es für entſchieden, daſs wir uns im Anfange einer neuen Nordlichtperiode befinden, deren letzte im Jahre 1707 mit dem von Olaus Römer in Kopenhagen beobachteten groſsen Nordlichte anfing, um 1752 ihr Maximum erreichte und mit 1790 endigte. Solcher Perioden glaubt er ſeit 502 vor Chr. G. überhaupt 24 nachweiſen zu können, von denen beſonders die neunte von 541 bis 603, die zwölfte von 823 bis 887, die zweiundzwanzigſte von 1517 bis 1588 und die vierundzwan-

1 Poggendorff Ann. XXII. 536.

zigste von 1707 bis 1788 sich durch ungewöhnlich starke und häufige Nordlichter auszeichneten. Da dieser ganze Cyklus von 502 vor Chr. G. bis 1830 zusammen 2332 Jahre umfaſst, so würde hiernach jede Periode etwa 97 Jahre ausmachen, also einer hundertjährigen ziemlich nahe kommen; indeſs ist es sehr schwierig, hierbei jede willkürliche Bestimmung völlig zu vermeiden, insbesondere wenn man so weit in die älteren Zeiten zurückgeht. Im Einzelnen läſst sich dieses leicht darthun. So setzt Hansteen den Anfang der letzten Periode in das Jahr 1707, aber nach Halley könnte sie doch nicht früher als mit 1716 anfangen. Mit der von Bertholon[1] aufgestellten tabellarischen Uebersicht der seit 394 nach Chr. G. erwähnten Nordlichter stimmt der angenommene periodische Wechsel nicht genau überein, und da die Gründe, worauf derselbe gebaut ist, durch Hansteen nicht angegeben werden, so muſs ich mich einer Entscheidung darüber enthalten.

Daſs die Nordlichter weit häufiger im Winter als im Sommer beobachtet werden, folgt sehr natürlich aus ihrer geringen Helligkeit, die in den längeren und dunklern Winternächten ungleich leichter wahrgenommen wird. Wenn man dieses Argument vorzugsweise berücksichtigt, so könnte man geneigt werden zu glauben, daſs ihre Zahl in allen Jahreszeiten gleich groſs sey. Mairan glaubte, sie zeigten sich bloſs im Winter, und seiner Theorie gemäſs am zahlreichsten zur Zeit der Nachtgleichen, weswegen das am 20. Aug. 1744 zu Cusco unter etwa 12° S. B. am Tage gesehene groſse Südlicht ungemeines Aufsehen erregte[2]. Später ist dieser Behauptung zwar mehrfach widersprochen worden, indeſs betrachtet man im Allgemeinen die Nordlichter als solche Meteore, welche, wo nicht ausschlieſslich, doch der Mehrzahl nach den Winternächten zugehören. Nach Thienemann's[3] Beobachtungen auf Island gehören sie weder dem Sommer noch auch der Nacht ausschlieſslich an, werden aber in der Regel nur dann wahrgenommen, wenn die Helligkeit des Sonnenlichts dieses nicht hindert. Auch Scoresby[4]

1 Encyclop. meth. Art. Aurore bor.

2 Mém. de l'Acad. 1745. A. J. Sertorius diss. de aur. bor. Heidelb. 1760. p. 7.

3 Edinburgh phil. Journ. XX. 366. G. LXXV. 63.

4 An Account of the arctic regions. Edinb. 1820. II. voll. 8. T. I. p. 416.

Digitized by Google

erzählt, daſs sie in Island und den Orten unter dem Polarkreise in jeder hellen Nacht erscheinen, im Sommer aber wegen der Tageshelle und zum Theil wegen des trüben Himmels nicht zu sehen sind. Hiermit stimmen aber die Nachrichten aus dem nördlichen America nicht überein, wo die Nordlichter im Winter sehr zahlreich, im Sommer dagegen nur sehr selten beobachtet wurden. So berichtet Hood[1] von Fort Enterprise, daſs im Sommer 1820 das Nordlicht vor dem August nur einmal gesehen worden sey, mit dem Bemerken, daſs zwar noch einige im Sommer vielleicht unbeachtet geblieben seyn könnten, doch glaube er aus allen Umständen schlieſsen zu müssen, daſs sie dort unter die Seltenheiten gehörten. Nach Scoresby[2] sind sie vom 62sten bis 70sten Grade N. B. hauptsächlich im Frühlinge und Herbste sehr häufig, v. Wrangel[3] aber glaubt, ihre Zahl sey im nördlichen Sibirien am gröſsten im November bei eintretendem Froste, werde aber wieder geringer im Januar, wenn die Kälte den höchsten Grad zu erreichen anfange. Hansteen[4] dagegen sagt, daſs zwar die langen Nächte in den Monaten November, December, Januar und Februar ihre Beobachtung sehr erleichtere, aber dennoch sähe man sie häufiger zur Zeit der Tag- und Nacht-Gleichen oder bald nachher, wie schon Mairan bemerkt habe. Als Ursache hiervon betrachtet er die um diese Zeit beginnende Erwärmung oder Abkühlung der Polargegenden.

Um hierüber einer Entscheidung wo möglich näher zu kommen, ist es am zweckmäſsigsten, die an verschiedenen Orten in einzelnen oder mehreren Jahren gesehenen Nordlichter nach den Monaten zu ordnen. Hood[5] zählte im Jahre 1819 und 20 zu Cumberland-House im Sept. 2, im Oct. 3, im Nov. 3, im Dec. 5, im Jan. 5, im Febr. 7, im März 16, im April 15, im Mai 11, womit seine Beobachtungen und Aufzeichnungen aufhörten; dann aber im Jahre 1820 und 21 im August 10, im Sept. 6, im Oct. 7, im Nov. 8, im Dec. 20, im Jan. 17, im Febr. 22, im März 25, im April 18 und im Mai 9. Gleich-

1 Narrative of a Journey cet. p. 580.
2 Tagebuch einer Reise übers. von Kries. S. 30.
3 Physikalische Bemerkungen u. s. w. S. 58.
4 Poggendorff Ann. XXII. p. 536.
5 Narrative of a Journey cet. p. 543.

Digitized by Google

zeitig wurden im Jahre 1821 zu Fort Enterpriſe beobachtet im Jan. 12, im Febr. 22, im März 25, im April 16 und im Mai 9, wovon das letzte auf den 13. fiel, ſo daſs dieſer Monat bei fortgeſetzter Beobachtung ſicher noch eine gröſsere Zahl gegeben hätte. In dem nämlichen Jahre zählte Capt. Franklin, welcher abgeſondert von Hood beobachtete, gleichfalls zu Fort Enterpriſe im Jan. 14, im Febr. 22, im März 26, im April 16, im Mai nur am 1., 3. u. 5., ſtatt daſs Hood noch am 6., 10., 11., 12. und 13. Nordlichter wahrnahm, bis der beſtändige Tag ihre Beobachtung hinderte[1]. Capt. Parry erwähnt[2] folgende auf ſeiner zweiten Entdeckungsreiſe geſehene Nordlichter, ohne eine nähere Beſtimmung, ob alle erſchienene von ihm aufgezeichnet ſind, nämlich in den Jahren 1819 und 20 im Sept. 1, im Oct. 2, im Nov. 7, im Dec. 4, im Jan. 3, im Febr. 4 und im März 2, in den folgenden Monaten aber unter jenen höheren Breiten keins. Auf ſeiner dritten Entdeckungsreiſe wurden dieſe Meteore ſorgfältiger beachtet und man muſs daher das mitgetheilte Verzeichniſs für vollſtändiger halten. Es wurden da geſehen zu Port Bowen[3] im Jahre 1824 und 25 im Oct. 2, im Nov. 5, im Dec. 7, im Jan. 15, im Febr. 13, im März 5. Noch einen nicht unwichtigen Beitrag zur Entſcheidung dieſer Frage giebt das Verzeichniſs der im Jahre 1829 in Nordamerica beobachteten Nordlichter, welches Arago[4] aufſtellt. Hiernach wurden geſehen im Jan. 3 zu Cambridge, im April 3 zu Utica und Louville, im Mai 2 zu Utica und St. Laurent, im Juni 5 zu Cambridge, Utica, Schenectadi, St. Laurent und Pough-Keepſie, im Aug. 1 zu Cambridge und Utica, im Sept. 1 zu Albany, im Oct. 3 zu Utica, St. Laurent und Delaware, im Nov. 2 zu Louville und St. Laurent, im Dec. 2 zu Schenectadi und North-Salem. Wie man ſieht, laufen die Nordlichter in dieſem Verzeichniſſe durch alle Monate in ziemlich gleicher Zahl, mit Ausnahme des Juli, welcher wegen groſser Helligkeit ſelten Nordlichter beobachten läſst, und des Februar, worin ſie ſonſt mit am häufigſten ſind; allein es iſt zu-

1 Ebend. p. 556 bis 569.

2 Zweite Reiſe zur Entdeckung einer nordweſtl. D· ·chfahrt. Hamb. 1822.

3 Journal of a third Voyage cet. Lond. 1826. 4. p. 59.

4 Ann. Ch. Ph. XLV. p. 403.

gleich nicht zu erwarten, daſs Arago wirklich von allen in Nordamerica vorgekommenen Nordlichtern Kenntniſs erhalten haben sollte.

Auſser diesen Resultaten aus Beobachtungen in einzelnen Jahren giebt es auch andere aus längeren Perioden, von denen ich nur folgende ausführlicher mitzutheilen mir erlaube. Kraft giebt folgendes Verzeichniſs der von ihm in Petersburg während der Periode der häufigen Nordlichter gesehenen[1].

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1726	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1727	0	4	2	0	0	0	0	0	2	2	0	1
1728	1	8	3	1	0	0	0	1	5	5	1	0
1729	0	0	0	1	0	0	0	2	2	0	1	0
1730	1	4	6	4	1	0	0	5	5	8	0	3
1731	0	4	2	0	0	0	0	1	6	1	0	3
1732	2	2	1	0	0	0		1	2	1	2	0
1733	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	1	1
1734	0	3	2	0	0	0	0	0	4	4	0	0
1735	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	3
1736	0	2	1	0	0	0	0	2	1	0	2	0

Die bereits erwähnten Carlsruher Beobachtungen geben mit Weglassung der Jahre, worin überall keine Nordlichter gesehen wurden, nach Dr. Eisenlohr für die einzelnen Monate folgende Resultate.

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1779	1	3	2	5	2	0	1	3	1	1	2	2
1780	0	1	1	1	1	1	4	5	1	3	1	0
1781	0	1	3	1	1	1	0	1	1	1	1	1
1782	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
1783	0	0	3	5	2	0	0	0	0	0	0	0
1784	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0
1786	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0
1789	0	0	2	0	0	0	0	2	1	1	0	0
1804	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1817	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1831	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Werden die oben mitgetheilten Beobachtungen aus den drei ersten Decennien des jetzigen Jahrhunderts nach den Monaten geordnet, so geben sie folgende Uebersicht.

1 Comm. Soc. Pet. T. IX. p. 328.

Digitized by Google

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1801	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1802	1	0	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0
1804	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
1805	1	1	1	0	2	0	0	1	2	3	6	1
1806	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1807	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1814	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1816	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1817	0	5	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
1818	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1819	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1
1820	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1822	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1825	0	0	1	0	0	0	0	2	1	1	3	0
1826	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1827	3	1	0	0	0	0	0	3	3	4	0	1
1828	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	1	2
1829	1	1	1	1	0	0	1	0	3	6	3	2
1830	2	1	1	1	1	0	0	1	3	2	3	4

Nehme ich dieſe Zuſammenſtellungen der neueſten Beobachtungen zu denjenigen hinzu, welche Bertholon[1] mitgetheilt hat, ſo giebt dieſes die nachfolgende Tabelle.

Beobacht.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Kirch	6	10	17	12	3	1	3	4	10	25	12	3
Lond.Soc.	10	12	32	15	3	1	3	8	24	45	20	29
Celſius	40	44	57	25	11	1	2	23	42	57	46	36
Short	8	6	17	11	1	0	2	9	19	32	14	8
De l'Isle	9	20	40	22	3	0	1	16	42	43	24	13
Kraft	5	28	19	6	1	0	0	12	30	23	8	11
Beccari	4	9	21	5	3	4	6	7	7	12	3	7
Weidler	8	12	13	7	3	0	2	11	8	16	5	6
Mairan	21	27	22	12	1	5	7	9	34	50	26	15
Muſſch.	49	47	92	103	110	34	37	59	64	74	47	34
Eiſenlohr	2	9	13	15	8	2	5	11	6	8	5	3
Neueſte	13	10	8	6	3	0	2	8	16	25	18	13
Summa	175	234	351	239	150	48	70	177	302	410	228	178

1 Encyclop. meth. Part. Phyſ. T. I. Art. Aurore bor.

Digitized by Google

Die hier mitgetheilten Thatsachen[1] scheinen mir zahlreich genug zu seyn, um die zunächst sich darbietenden Folgerungen darauf zu gründen, nämlich zuerst, daſs bei einer längeren Reihe von Jahren kein Monat ganz ohne Nordlichter bleibt; zweitens, daſs Hansteen vollkommen Recht hat, wenn er die zahlreichste Menge derselben in die Zeiten der Nachtgleichen setzt; drittens möchte ich dann hinzusetzen, daſs ihre Zahl im Winter noch etwas gröſser als im Sommer ist. Nehmen wir nämlich von den beiden Wintermonaten December und Januar das Mittel zu 176 an und von den beiden Sommermonaten Juni und Juli zu 60 und berechnen wir die letztere Zahl im Verhältniſs der Längen der Nächte, also für etwa den 52sten Breitengrad mit 16:6, so giebt dieses 160 und bleibt also hinter 176 noch etwas zurück. Es kommt dann zwar noch einiger Einfluſs der Dämmerung hinzu, allein dieser wird genügend dadurch aufgewogen, daſs sich die angegebene Tagslänge sehr bald, und zwar in beiden Extremen zum Vortheile der Sommerbeobachtungen, vom Maximo entfernt. Inzwischen ist die letztere Folgerung keineswegs mit gleicher Sicherheit begründet, als die beiden ersteren. Hiernach zeigt sich dann auch die mehrfach geäuſserte Behauptung[2], daſs die Zahl der Nordlichter gröſser sey, wenn das Eis als elektrischer Nichtleiter das Meer bedecke, als unzulässig, gegen welche noch de la Pilaye[3] die Erfahrung anführt, daſs die Nordlichter seit 1816, als sich das Eis an Grönlands Küsten löste, häufiger wurden.

Die Nordlichter zeigen sich in der Regel bei Nacht und dieses ist so sehr im Allgemeinen der Fall, daſs das Gegentheil hiervon als seltene Ausnahme besonders aufgesucht werden muſs. So berichtet unter andern der fleiſsige Beobachter F. C. Maier[4] in Petersburg, daſs er nie bei Tage eins gesehen habe. In älteren Berichten[5] wird angegeben, daſs sie nicht bloſs zuweilen

1 Absichtlich habe ich bei der Tabelle die Beobachtungen aus Nordamerica, die aus Finnmarken u. s. w. weggelassen, auch von den vielen im Herbste 1830 gesehenen nur die namentlich bekannt gewordenen aufgenommen, weil sonst das Resultat minder richtig geworden wäre.

2 Bulletin universel. Part. de Math. et Phys. 1825. Juin.

3 Mém. de la Soc. Linnéenne. T. IV. p. 462.

4 Comm. Soc. Pet. T. I. p. 315.

5 Sertorius diss. de aur. bor. Heid. 1760. p. 7. Interdum tribus pluribusque noctibus apparet.

Digitized by Google

eine ganze Nacht dauern, sondern auch in mehreren Nächten nach einander wiederkehren; auch erzählt Musschenbroek[1], daſs er 1735 ein Nordlicht gesehen habe, welches vom 22. bis 31. März dauerte, allein es scheint hierin bloſs gesagt zu werden, daſs sie sich in jeder Nacht aufs Neue wieder entzünden. Es giebt indeſs Beispiele, daſs man ihren leuchtenden Schein und ihre Wirkungen z. B. auf die Magnetnadel auch am Tage wahrnahm[2], und namentlich will man am 9. Sept. 1827 in England nach vorausgegangenem Regen um Mittag einen 20° hohen Nordlichtbogen und leuchtende aus ihm aufsteigende Säulen an einem klar gewordenen Theile des Himmels gesehen haben[3]. Am meisten entscheidend sind jedoch die Resultate der Beobachtungen an solchen Orten, wo man die Nordlichter nicht bloſs in weit gröſserer Menge wahrnimmt, sondern wo sie ganz eigentlich einheimisch zu seyn scheinen. So sagt unter andern Hood[4], daſs das von ihm am 8. März 1820 um 5 Uhr 30 Min. Abends gleich nach Sonnenuntergang gesehene Nordlicht unter allen am frühesten beobachtet wurde, denn obgleich sie im Winter schon um 3 Uhr der Dunkelheit wegen leicht gesehen werden konnten, so zeigten sie sich doch selten vor 7 Uhr, auch deuteten die Bewegungen der Magnetnadel am Tage zuweilen auf ihr Vorhandenseyn, aber es gehörte dieses immer unter die Seltenheiten. Auch Richardson[5] nennt eben dieses Nordlicht vom 8. März als das am frühesten beobachtete und meint, zum Erscheinen dieser Meteore müsse die Atmosphäre erst nach Sonnenuntergang die erforderliche Disposition annehmen. Unter den zu Fort Franklin und in dessen Umgebung, so wie am Bärensee gesehenen Nordlichtern zeigten sich nur wenige deutlich vor dem Verschwinden des Tagslichtes und Franklin[6] ist daher der Meinung, daſs sie nur der Nacht angehören, obgleich man häufig am Tage schon diejenigen Wol-

1 Introd. §. 2496. A Martii 22 ad 31 perstitisse. Ebendieses sagt Bertholon in Encyclop. meth. I. 347., nämlich daſs das Nordlicht mehrere Tage und Nächte anhaltend dauerte.

2 Allgem. Konst-en Letter-Bode. 1822. T. II. Nr. 27.

3 Ann. Ch. et Phys. XXXIX. p. 414. aus Journ. of the Roy. Inst. 1828. Jan. p. 429.

4 Narrative of a Journey cet. p. 583.

5 Ebend. p. 599.

6 Narrative of a Second Expedition cet. App. VII.

Digitized by Google

ken wahrnehme, aus denen sie gebildet würden. Thienemann[1] dagegen behauptet zwar, das Nordlicht sey weder an die Wintermonate noch an die Nacht gebunden und seine Sichtbarkeit allein sey durch die Abwesenheit des Sonnenlichtes bedingt; aber die meisten von ihm beschriebenen kamen erst einige Zeit nach Sonnenuntergang zum Vorschein und verschwanden noch vor Anbruch des Morgens. Vorzüglich wichtig scheint mir dagegen das Zeugniſs von Keilhau[2] über seine Beobachtungen in Finnmarken, daſs nämlich dort die Nordlichter in der Regel zwischen 7 bis 10 Uhr Abends anfingen und noch vor Mitternacht beendigt waren; später als bis 4 Uhr Morgens sah er keins. Wir müssen hiernach also das Nordlicht als ein der Nacht, und zwar ihrer ersten Hälfte, wo nicht ganz ausschlieſslich, doch nur mit wenigen Ausnahmen zugehöriges Phänomen betrachten.

b) Ort der Nordlichter.

Der Name selbst weiset zwar diesen Meteoren den Norden als ihren eigenthümlichen Ort an, allein dieser Ausdruck erhielt seinen Ursprung in Frankreich und es ist daher immerhin fraglich, ob er noch paſslich bleibt, wenn man dem Norden oder dem Nordpole stets näher kommt. Für eine befriedigende Beantwortung der Frage über den eigentlichen Ort der Nordlichter muſs daher untersucht werden, wo sie sich überhaupt und wo sie in geringerer oder gröſserer Menge sich zeigen, auch kommt dabei die Weltgegend, wohin sie gerichtet sind, zugleich sehr in Betrachtung. Ich werde die Resultate der Beobachtungen hierüber zusammenstellen, dabei aber das Verhältniſs ihrer Richtung zu der des magnetischen Meridians nicht eigentlich berücksichtigen, weil dieses einer nähern und speciellern Untersuchung bedarf.

Aus den zahlreichen Nachrichten über die nördlichen Polarlichter ergiebt sich, daſs sie vom Aequator an bis zur Grenze der gemäſsigten Zone gar nicht gesehen werden, und überhaupt scheinen sie in Europa nicht tiefer als bis zum 37sten Breitengrade herabzugehen, woselbst in Portugal das groſse Nordlicht vom 19. Oct. 1726 nach Mairan beobachtet wurde. Könnte

1 G. LXXVI. 63.
2 G. XC. 620.

man übrigens den Angaben darüber volles Vertrauen schenken, so wäre das durch Gassendi beobachtete groſse Nordlicht vom 12. Sept. 1621 nicht bloſs in ganz Frankreich, sondern auch in Italien und selbst zu Aleppo in Syrien gesehen worden[1]. Im Allgemeinen sind sie dann unter niederen Breiten seltener und nehmen an Menge zu, so wie man weiter nördlich kommt. In Italien sind sie daher schon selten und werden vor 1722 von dort aus in neueren Zeiten gar nicht erwähnt, jedoch wurde das groſse von 1726 zu Rom und Padua gesehen, Poleni, Bosellini, Baldini und Zanotti beobachteten das von 1737 mit groſser Aufmerksamkeit[2], Poleni das vom 29. März 1739 zu Padua[3]; auch blieb das am 22. Sept. 1749 zu Rom gesehene nicht unbeachtet[4]. Inzwischen scheint es mir überflüssig, mehrere dort beobachtete aufzuzählen, da es dennoch aus den Beobachtungen in jener an diesen Phänomenen so reichen Periode eben so unverkennbar als aus denen in der jüngsten Zeit hervorgeht, daſs die Nordlichter dort auf jeden Fall unter die Seltenheiten gehören. In der Schweiz, dem südlichen Frankreich und selbst im südlichen Deutschland sind sie seltener als in Holland, nehmen bedeutend an Menge zu in England, Schottland und Irland, desgleichen in Stockholm, weniger in Petersburg. Nehmen wir also vorerst Rücksicht auf die Gegenden, welche etwa den Meridianen von Paris und Stockholm nahe liegen, so wächst ihre Zahl auffallend bis mindestens zum 65sten oder 66sten Breitengrade. Celsius[5] sammelte Nachrichten von 316 seit dem Jahre 1716 in Schweden beobachteten Nordlichtern. Egede und Cranz erzählen, daſs sie in Grönland sich täglich zu entzünden pflegen[6], eben dieses berichtet Anderson[7], Thienemann sah sie häufig auf Island und Henderson berichtet, daſs er sie dort in jeder hellen Nacht gesehen habe. Schon auf den Shetlands-Inseln, wo sie *merry dancers* heiſsen, ein Ausdruck, welchen Kendal[8] von der schnellen Be-

1 Encyclop. meth. T. I. p. 358.
2 Musschenbroek Int. §. 2489.
3 Comm. Pet. VIII. 440.
4 Nov. Comm. Soc. Pet. IV. 483.
5 Observat. de lumine boreali. Norimb. 1733.
6 Vergl. Scoresby Account cet. T. I. p. 418.
7 Hist. nat. de l'Islande, du Grönland cet. T. I. p. 229.
8 Quarterly Journ. of Science N. Ser. IV. 395.

Digitized by Google

wegung, den vielfachen Zuckungen in den Strahlen, namentlich die nach dem Zenith hin aufschieſsen, ableitet, sind sie sehr häufig und gehören unter die ganz gewöhnlichen, den Landleuten allgemein wohlbekannten Erscheinungen[1]. Nimmt man zu diesen Aussagen diejenigen Nachrichten, welche Scoresby, Parry und andere über die Gegenden von Spitzbergen mitgetheilt haben, so muſs es auffallen, wenn Gieseke[2] berichtet, daſs sie mit gröſserer Annäherung zum Pole wieder abnehmen, und L. v. Buch[3] namentlich über Lödingen jenseit des Polarkreises sagt, daſs sie dort schon unter die Seltenheiten gehören und nicht näher erscheinen, als in Bergen und Schottland. Inzwischen sind diese Autoritäten sehr gewichtig und es würde aus ihnen folgen, daſs ihr Hauptsitz etwa zwischen dem 60sten bis 66sten Breitengrade in jenen Gegenden anzunehmen sey, was mit anderweitigen Untersuchungen keineswegs so sehr im Widerspruche steht.

Richten wir nämlich unser Augenmerk auf diejenigen Länder, welche etwa unter dem durch den magnetischen Nordpol gehenden Meridiane liegen, so ist nicht zu verkennen, daſs die Nordlichter in Nordamerica weit zahlreicher sind und mit Rücksicht auf die Breitenverhältnisse ungleich tiefer herabgehen, als in Europa und selbst auch in Asien, ein Satz, dessen Beweis mir nicht einmal schwierig zu seyn scheint. Schon Middleton[4], Ellis[5] und insbesondere Calm[6] reden von den häufigen Nordlichtern in Nordamerica und namentlich giebt Letzterer ein langes Register von den vielen, die von 1730 bis 1750 in Philadelphia unter dem 40sten Grade N. B. gesehen wurden. Auch de la Pilaye[7] berichtet von seinem Aufenthalte in Terre Neuve unter 47° bis 50° N. B., daſs die Nordlichter sich dort fast täglich entzünden, im Winter jedoch mehr als im Sommer, sich im Norden zeigen und aus einem Bogen bestehen, welcher von O. nach W. geht. Nach der oben be-

1 Rees Cyclopaedia. T. III. Art. Aurora.
2 Brugnatelli Giornale 1818. p. 163.
3 Reisen Th. I. S. 361.
4 Phil. Trans. Nr. 465.
5 Voyage to Hudsons-Bay cet. p. 172.
6 Schwed. Abhandl. Th. XIV.
7 Mém. de la Soc. Linnéenne. T. IV. p. 462.

Digitized by Google

reits mitgetheilten Zusammenstellung von Arago[1] wurden im Jahre 1829 in America 22 Nordlichter bekannt, die Summe aller an den verschiedenen Orten Europa's in der nämlichen Periode gesehenen beträgt aber nur 19, und der Unterschied muſs so viel auffallender erscheinen, wenn man berücksichtigt, daſs Arago gewiſs kaum zur Kenntniſs der Hälfte aller erschienenen gelangen konnte.

Noch mehr Interesse scheint mir diese Untersuchung zu gewinnen, wenn man zugleich die östlich und unter hohen Breiten liegenden Orte berücksichtigt. Ueberblickt man das von Braun geordnete Verzeichniſs[2] aller von ihm selbst und Gmelin von 1734 bis 1742 in Sibirien gesehenen Nordlichter, so muſs man gestehen, daſs ihre Zahl für eine an diesen Meteoren so reiche Periode keineswegs groſs ist, und auch v. Wrangel sah im Verhältniſs der hohen Breite seiner Beobachtungsorte nicht viele; alle aber erwähnen, daſs sie dieselben nur im Norden sahen. Patrin, welcher 9 Winter in verschiedenen Gegenden des nördlichen Asiens verweilte, sah die Nordlichter zwar häufig, aber nicht in solcher Menge, als sie z. B. in Island beobachtet werden, und stets nur als einen im Norden sich erhebenden weiſsen Lichtschein, welcher allmälig höher heraufstieg, dabei röthlicher wurde, und erst, nachdem er eine bedeutende Höhe erreicht hatte, schossen Strahlen nach dem Zenith hin, worauf dann die ganze nördliche Hemisphäre mit rothem Lichte erfüllt schien. Oft zeigte es sich auch als Lichtbogen, aber nur von 10 bis 15 Grad Höhe über dem Horizonte[3]. Einige Schwierigkeiten stehen der Begründung allgemeiner Gesetze durch unzweifelhafte Thatsachen allezeit entgegen, wenn keine genau correspondirenden Beobachtungen vorhanden sind, inzwischen läſst eine vielseitige Zusammenstellung doch keine bedeutenden Zweifel zurück. Vergleicht man unter andern die Zahl der oben angegebenen Beobachtungen von Kraft oder de l'Isle in Petersburg unter fast 60° N. B. und die des Capt. Parry auf der Insel Melville unter fast 75° N. B., so werden von letzterem die vom Monate Sept. 1819 bis Aug. 1820 gesehenen aufgezählt, nämlich im Sept. 1, im Oct. 2, im

1 Ann. Ch. Phys. T. XLV. p. 403.
2 Nov. Act. Soc. Pet. VI. 425. ff. u. XI. 320.
3 Bibl. Brit. XLV. 89. Daraus in G. XXXVII. 340.

Digitized by Google

Nov. 7, im Dec. 4, im Jan. 3, im Febr. 4, im März 2 und in den folgenden Monaten keins, im Ganzen also 21. Diese Zahl bleibt zwar hinter den Mengen derer zurück, welche in den reichsten Jahren in Petersburg gesehen wurden, übertrifft aber nicht bloſs die mittlere der daselbst gesehenen, sondern auch sehr bedeutend die der gleichzeitig dort beobachteten. Allerdings waren die Nächte auf der Insel Melville länger, auch darf die Wachsamkeit der unbeschäftigten, auf einem Schiffe zusammengedrängten Mannschaft in Anschlag gebracht werden; allein dessen ungeachtet muſs man zugestehen, daſs sie dort noch zahlreicher waren.

Hierbei darf vor allen Dingen nicht unbeachtet bleiben, daſs alle von Parry unter 75° N. B. gesehene Nordlichter im Süden standen; das erste aber, welches dieser kühne Seefahrer[1] auf seiner Rückkehr am 12. Sept. an der Westküste der Baffinsbay unter 68° 15′ N. B. beobachtete, nahm etwa 12 Striche[2] oder 155 Grade von S. O. b. O. bis W. b. N. ein, stand also gleichfalls noch südlich. Am 2ten und 3ten wird dasselbe abermals erwähnt, mit dem Zusatze, daſs es während der Fahrt durch das atlantische Meer fast alle Nächte erhellte, am 2ten keine bestimmte Gestalt hatte und in allen Himmelsgegenden, hauptsächlich aber im Süden sichtbar wurde, am 3ten aber von O. N. O. durch S. bis W. b. N. sich verbreitete. Endlich, nachdem das Schiff am 11. Oct. unter 61° 11′ N. B. gewesen war, wird am 13. zum letzten Male ein Nordlicht erwähnt, dessen Hauptbogen von O. N. O. nordwestlich vom Zenith nach W. b. S. herabging. Hiernach ist es also klar, daſs Parry den eigentlichen Strich der Nordlichter durchschnitten hat. Dieses stimmt genau mit Robertson's Beobachtungen auf der ersten Entdeckungsreise des Capt. Ross überein[3]. Hier zeigte sich am 23. Sept. 1818 unter 66° 30′ N. B. und 59° W. L. von Greenwich das Nordlicht im wahren Süden und erstreckte sich nach S. O.; am 28. Sept. unter 65° 5′ N. B. und 61° W. L. sehr glänzend von S. b. O. nach S. b. W., am folgenden Tage ebendaselbst von S. W. nach S. O., am 1. Oct. unter 62° 30′

---

1 Parry's zweite Reise u. s. w. S. 486.

2 Jeden zu 11,25 Graden. S. dieses Wörterb. Bd. II. S. 182.

3 John Ross Entdeckungsreise u. s. w. übersetzt von Nemnich. Leipz. 1820. 4. S. 192.

Digitized by Google

N. B. und 63° W. L. von S. S. W. nach S. S. O. und später in einem 18° hohen Bogen von S. O. nach N. O. Am 8. Oct. dagegen unter 59° N. B. und 50° W. L. erschien es von N. b. W. nach W. b. N. und am 17. Oct. endlich unter 51° N. B. und 25° W. L. zeigte sich der glänzende Bogen entschieden nördlich vom Zenith. Wir haben die Angaben dieser nämlichen Beobachter noch von einem andern Orte, nämlich Port Bowen unter 73° 15′ N. B., zu berücksichtigen[1]. Dort bestand das Nordlicht meistens aus einem ziemlich zusammenhängenden Bogen, öfter aus einzelnen lichten Theilen desselben, die sich ungefähr von W. nach S. O. erstreckten; zuweilen dehnte es sich mehr aus, nahm aber selten einen Theil des nördlichen Himmels ein. Der nordöstliche Theil des Bogens war der Berge wegen nie genau sichtbar, doch lag eine den Bogen schneidende Ebene mehr im magnetischen als dem astronomischen Meridiane. Die Höhe des oberen Randes überstieg selten 10 oder 15 Grade, zweimal aber kam derselbe ins Zenith und am 28. Jan. 1825 war seine Richtung vom astronomischen N. nach S.

Von sehr groſser Bedeutsamkeit ist das Zeugniſs Franklin's über seine Beobachtungen an verschiedenen Puncten der nordamericanischen Küstengegenden. Auf Moose-Deer-Island, unter 61° 18′ 8″ N. B. 113° 51′ 35″ W. L. von G. bei einer östlichen Abweichung der Magnetnadel von 25° 40′ 47″, sind nach seiner Angabe die Nordlichter zwar nicht selten, aber ihr Leuchten ist bei weitem nicht so glänzend und so wechselnd, als zu Fort Enterprise unter 64° 28′ N. B. 113° 6′ W. L. von G. und bei 36° 24′ 7″ östl. Abweichung der Magnetnadel. Sie bewirkten dort auſserdem nur eine geringe, 18′ nicht übersteigende Veränderung der Magnetnadel. Das Licht erschien in der Regel an der Nordseite des Himmels zwischen dem wahren N. O. und S. W. Puncte[2], in geringer Höhe über dem Horizonte, und nur viermal erstreckte es sich bis zur südlichen Hälfte des Himmels. Hiernach glaubt er, daſs der eigentliche Sitz der Nordlichter dem Pole näher liege, als Moose-Deer-

1 Journal of a third Voyage for the discovery of a North-West Passage cet. Under the orders of Capt. W. E. Parry. Lond. 1826. 4. p. 59.

2 Ich lasse diesen Mangel an Uebereinstimmung mit der magnetischen Richtung der Nordlichter einstweilen unberücksichtigt.

Digitized by Google

Island, ja er ist geneigt anzunehmen, daſs derselbe genau zwischen 64° und 65° N. B. in der Gegend von Fort Enterprise liege, wo man sie daher am besten müsse beobachten können[1]. Allerdings haben die dortigen Beobachtungen viel zu ihrer Aufklärung beigetragen, allein die Nordlichter wurden daselbst gleichfalls noch in nördlicher Richtung gesehen. Noch sicherer war Letzteres der Fall im nördlichen Sibirien unter ungefähr gleich hohen und selbst höheren Breiten. Der Baron v. Wrangel[2] sah sie nämlich stets in nördlicher Richtung und glaubt zugleich, daſs die Küsten der See nicht ganz ohne Einfluſs dabei sind, indem die Nordlichter sich auf der Insel Kolutschina unter 67° 26′ N. B. zahlreicher und glänzender zeigen sollen, als in Nischne-Kolymsk unter 68° 32′, wie sie denn überhaupt mehr landeinwärts seltener werden.

Alle bisher hierüber mitgetheilte Beobachtungen sind auf kurze Zeiträume beschränkt und fallen in die Periode, welche unter niederen Breiten nur sparsam die Phänomene der Nordscheine darbot. Berücksichtigt man zugleich solche Beobachtungsreihen, welche in längeren Zeiträumen anhaltend angestellt wurden, so stellt sich zwar die Regel gleichfalls heraus, allein man stöſst zugleich auf manche beachtenswerthe Ausnahmen. Nach Henderson[3] sieht man die Nordlichter in Island unter etwa 63° bis 65° N. B. in der Regel in nördlicher Richtung, jedoch selten und weniger glänzend auch in südlicher. Am häufigsten erschienen dieselben in nordöstlicher Richtung, von wo sie nach S. W. zu ziehen pflegten; auf jeden Fall waren sie in S. O. am stärksten und man durfte sie dort am sichersten erwarten. Maupertuis sah sie in der Gegend von Torneä unter 66° 30′ noch meistens im Norden, zuweilen aber gleichfalls in südlicher Richtung; Grischow wurde in groſse Verwunderung versetzt, als er am 6. und 7. Nov. 1751 zu Petersburg unter 59° 56′ N. B. einen Nordlichtbogen im Süden ungefähr von gleicher Höhe, als dieser an der nördlichen Hemisphäre zu haben pflegt, wahrnahm[4], weswegen er auch das ganze Phänomen unpassend ein *Südlicht* nennt. Ebenda-

1 Narrative of a Journey oct. p. 553.
2 Physikalische Beobachtungen u. s. w. S. 58.
3 Iceland. Edinb. 1819. p. 277.
4 Nov. Comm. Soc. Pet. IV. 474.

Digitized by Google

selbst beobachtete Lomonosow[1] gleichzeitig einen Bogen im Norden und einer andern im Süden, Kraft[2] aber theilt die ausführliche Beschreibung eines am 17. Febr. 1778 im Süden gesehenen und daher auch Südlicht von ihm genannten Meteors mit, welches eine ganze Stunde dauerte, das dunkle Segment und einen leuchtenden Bogen hatte, aus welchem Strahlen bis zu 60° Höhe nach dem Zenith emporschossen. Braun und Gmelin[3] sahen in Sibirien an verschiedenen Orten, namentlich zu Kirenskoi-Ostrog unter 58° N. B. und zu Jeniseisk unter 58° 30′ N. B diese Meteore allezeit im Norden, indem der Bogen gewöhnlich von N. N. O. nach N. N. W. lief, und nur einmal, nämlich am 2. März 1739, erschien es im Süden, ging aber dann dennoch durch O. und blieb in N. Die in Stockholm unter 59° 20′ N. B., in Petersburg unter 59° 57′ N. B. und selbst in Åbo unter 60° 27′ N. B. erscheinenden Nordlichter stehen zwar der Regel nach sämmtlich im Norden, allein ihre Bögen und hauptsächlich ihre Kronen gehen nach Bergmann[4] meistens über das Zenith südlich hinaus. Selbst das neueste Nordlicht vom 7. Jan. 1831 überschritt schon in Christiansand unter 58° 12′ N. B. das Zenith, indem sein Hauptbogen nach Hansteen's[5] Messungen 11° 45′ südlich vom Zenith stand. Merkwürdiger ist die Beobachtung von Cleaveland[6], welcher zu New-Brunswick unter etwa 47° N. B. am 25. Sept. 1827 einen sehr hellen Nordlichtbogen im Süden und zwar nur von 35° Höhe sah, ja sogar zu Schenectadi unter weniger als 43° N. B., mithin südlicher als Ancona, wurde am 19. Dec. 1829 der Nordlichtbogen abwechselnd bald im Süden, bald im Norden gesehen[7]. Endlich kann ich noch hinzufügen, daſs Cramer zu Genf, Laval in Marseille unter 43° 17′ 48″ N. B. und Bouillet zu Bezières am 15. Febr. 1730 einen vollkommen ausgebildeten Nordlichtbogen im Süden sahen[8].

Es scheint, als müsse zur Entscheidung der vorliegenden

---

1 Solemnia anni 1758. p. 40.
2 Acta Soc. Pet. T. II. P. 1. p. 45.
3 Nov. Comm. Pet. VI. 449. u. 458.
4 Schwed. Abhandl. XXVI. 257.
5 Poggendorff's Ann. XXII. 483.
6 Ann. Ch. et Phys. XXXIX. 415.
7 Ebend. XLV. 409.
8 Hist. de l'Acad. 1730. p. 8.

Digitized by Google

Frage vor allen Dingen die Höhe der Nordlichtbögen, welche sie an den verschiedenen Orten erreichen, von vorzüglichem Gewichte seyn; allein die Untersuchung dieser Aufgabe führt sehr bald zu dem Resultate, daſs diese nicht bloſs bei verschiedenen Nordlichtern, sondern auch bei einem und ebendemselben sehr ungleich und in einem bedeutenden Grade wechselnd ist, mithin als Entscheidungsgrund von so groſser Wichtigkeit nicht seyn kann. Fassen wir dagegen die reiche Menge der bisher mitgetheilten Thatsachen zusammen, berücksichtigen wir namentlich die Ergebnisse der neuesten Reisen im hohen Norden mit einem Blicke auf die Charte, welche die Polarzone darstellt[1], erwägen wir unter andern namentlich, daſs Parry auf seiner Fahrt durch die nach ihm benannte Straſse und die Baffinsbai die gewöhnlichen täglichen Nordlichter zuerst in südlicher Richtung und nachher in nördlicher sah, die eigentliche Linie derselben also etwa unter 60° N. B. durchschnitt, v. Wrangel dagegen unter etwa 68° N. B. und 165° W. L. von Greenwich diese Meteore stets im Norden sah, und selbst die Berichte anderer Reisenden, namentlich des Capt. Anjou, welcher in den Jahren 1821, 22 und 23 die Küsten und Inseln zwischen 160° und 130° O. L. von Greenwich vom 71sten bis über den 76sten Grad N. B. untersuchte[2], nur von eigentlichen im Norden gesehenen Polarlichtern reden, so läſst sich mit Vermeidung von Phantasiebildern die wichtige Frage über den eigentlichen Ort der Nordlichter ziemlich genügend beantworten. Alles zusammengenommen würde ich nämlich schlieſsen: die eigentliche Linie der in der Regel täglich sich entzündenden Nordlichter, abgesehen von speciellen örtlichen Einflüssen, die ich vor der Hand noch nicht anzugeben vermag, fängt in etwa 90° W. L. von Greenwich unter 60° N. B. an, läuft mit allmälig wachsender nördlicher Breite durch die Baffinsbai, die Spitze von Grönland, über Island und die nördlichen Theile von Spitzbergen bis etwa zum 40sten Grade O. L. von Greenwich, wo sie ihren höchsten nördlichen Punct erreicht, kehrt dann langsam abnehmend durch das sibirische Eismeer und oberhalb der Behringsstraſse allmälig zu ihrem Anfangspuncte

1 S. dieses Wörterb. Bd. I. Tab. V.

2 Vergl. die lehrreiche Charte in v. Wrangel's Physikal. Beobachtungen u. s. w.

Digitized by Google

zurück. Es trifft also mit andern auf den tellurischen Magnetismus bezüglichen Eigenschaften der Nordlichter zusammen, daſs ihre Hauptplätze oder Hauptsitze die beiden magnetischen Pole der Erde umlagern. Auf dieser ihrer eigentlichen Linie sind sie allerdings am zahlreichsten, aber es folgt daraus nicht, daſs sie dort zugleich am hellsten und glänzendsten seyn müssen, womit mir die Erfahrung zu harmoniren scheint. Von dieser Linie aus verbreiten sie sich nach niederen und höheren Breiten, im Allgemeinen möchte ich annehmen bis zu 10 Breitengraden mit abnehmender Menge. Wie weit sie herabwärts in auſserordentlichen Fällen steigen, ist oben durch einige Beispiele angedeutet worden, in Beziehung auf die höheren Breiten aber fehlen uns die erforderlichen Nachrichten, inzwischen glaube ich aus theoretischen Gründen, und so weit die mangelhaften Erfahrungen ein Urtheil hierüber zulassen, annehmen zu dürfen, daſs sie nach höheren Breiten hin minder zahlreich werden und mitten zwischen beiden magnetischen Polen gänzlich fehlen. Uebrigens folgt keineswegs, daſs jedes derselben einen Theil dieser Zone nach ihrer ganzen Breite einnimmt, vielmehr erscheinen sie sowohl unterhalb als auch oberhalb der angegebenen Linie von sehr ungleicher Ausdehnung nach der Länge und auch nach der Breite.

c) Höhe der Nordlichter.

Die Frage, welche Höhe die Nordlichter erreichen, hat von jeher groſses Interesse erregt, aber ihrer Beantwortung stehen so viele und groſse Schwierigkeiten entgegen, daſs die darauf verwandten vielfachen Bemühungen bis jetzt noch zu keinem genügenden Resultate geführt haben. Das Nordlicht erscheint zuweilen als ein bloſser dämmerungsartiger Lichtschein an irgend einer Gegend über dem Horizonte, erreicht als solcher eine ungleiche Höhe und erleuchtet nicht selten einen kleineren oder gröſseren Theil der Himmelshalbkugel mit mehr oder weniger intensivem Lichte. In allen diesen Fällen, wenn keine eigentliche Begrenzung stattfindet, kann von keiner Höhenbestimmung überall die Rede seyn, und diese ist nur dann möglich, wenn ein dunkles Segment über dem Horizonte durch einen ziemlich scharf begrenzten Lichtbogen umgeben ist, oder wenn ein solcher meistens mit beiden Schenkeln auf dem Horizonte ruhend frei am Firmamente steht. Dürfte dieser dann als

Digitized by Google

ein frei schwebendes Meteor betrachtet werden und lieſse sich somit seine scheinbare Höhe aus zwei hinlänglich entfernten Standpuncten messen, so ergäbe der parallaktische Winkel mit der Grundlinie die absolute Höhe desselben auf die bekannte Weise genau. Das Vorhandenseyn eines solchen Lichtbogens mit hinlänglich scharfer Begrenzung wird zwar oft erwähnt, aber in sehr vielen Fällen ist nicht bloſs von einem, sondern von zwei und selbst von mehreren solchen Lichtbögen die Rede, und, was dabei am meisten auffallen muſs, es werden nicht selten bei einem und demselben Nordlichte an einigen Orten nur ein einziger, an andern dagegen mehrere Bögen gesehen, wie schon von selbst aus den Angaben der zwei- und vielfachen beobachteten Lichtbögen hervorgeht. Schon Kirch[1] sah im Jahr 1707 zu Berlin zwei concentrische Bögen; Mairan erwähnt, daſs zuweilen zwei oder auch drei concentrische Bögen sichtbar sind; Polenus[2] nahm 1737 zwei und auch einen dritten, aber minder vollkommenen Bogen wahr; Bergmann[3] sagt ausdrücklich, daſs sich manchmal zwei, selten drei ordentliche und concentrische Bögen zeigen, wie er als Augenzeuge berichten müsse, obgleich er diese Thatsache nur mit Mühe seinen Ansichten anzupassen vermöge; Gilbert[4] sah am 22. Octbr. 1804 zwei concentrische Bögen und einen dunkeln Zwischenraum zwischen beiden, durch welchen ein Stern 3ter Gröſse hell zu sehen war; Potter[5] sah am 25. Dec. 1830 deutlich zwei Bögen und zu New-York wurden am 28. Aug. 1829 zwei concentrische, wenig von einander abstehende Bögen wahrgenommen[6]; Hood und Richardson sahen zu Cumberland-House am 7. April 1819 beide gleichzeitig zwei concentrische Bögen[7], ja ersterer behauptet im Allgemeinen, die Zahl der Bögen übersteige selten fünf, sey aber auch selten nur auf einen beschränkt, und versichert, daſs er oft drei concentrische Bögen nahe am nördlichen Horizonte gesehen habe, deren einer Strahlen schoſs und farbig war, die beiden andern aber gleich-

1 Mém. de Berlin. 1707. p. 11.
2 Sopra l'Aurora boreale. Vergl. Miscell. Berol. T. I. p. 132.
3 Schwed. Abh. Th. XXVI. S. 266.
4 Ann. der Phys. XVIII. S. 155.
5 Edinb. Journ. of Sc. N. S. No. IX. p. 29.
6 Ann. Ch. Phys. XXXIX. p. 413.
7 Narrative of a Journey etc. p. 539. u. 542.

Digitized by Google

artig und von schwachem Lichte; überhaupt erwähnt Franklin[1] in der Liste der von ihm zu Fort Enterprise gesehenen Nordlichter so oft die Anwesenheit von zwei und mehr concentrischen Bögen, daſs diese Thatsache unmöglich irgend einem gegründeten Zweifel unterliegen kann. In einer ganz andern hochnördlichen Gegend, nämlich in Finmarken, beobachtete Keilhau[2] viele Nordlichter und sagt, daſs meistens über oder unter dem Hauptbogen noch ein oder mehrere concentrische gebildet werden. Selbst bei dem neuesten Nordlichte am 7. Jan. 1831 beobachtete Senff die Bildung eines zweiten Bogens, welcher in Colberg, in Berlin durch Poggendorff und Klöden, in Elberfeld durch Egen, in Utrecht durch van Moll, in Gosport durch Burney, in Woolwich durch Sturgeon gesehen wurde, in Paris aber sah Peyré sogar drei concentrische Bögen[3], welche auch in Wien vorhanden waren, obgleich sie nicht ganz zur Vollständigkeit gelangten[4]. So lange es hiernach also ungewiſs bleibt oder sogar unwahrscheinlich wird, daſs alle Beobachter gleichzeitig den nämlichen, mithin auch die nämlichen Lichtbögen sehen, kann eine Messung aus dem parallaktischen Winkel derselben gar kein Vertrauen einflöſsen.

In Beziehung auf diese Nordlichtbögen ist noch Folgendes zu bemerken. Meistentheils haben dieselben die Form des Kreises und werden auch in der Regel als kreisförmig betrachtet; inzwischen kann der gesehene Theil des Bogens schon nach optischen Gesetzen leicht eine hiervon etwas abweichende Gestalt annehmen und diese wird zuweilen die elliptische genannt. So sagt Hansteen[5]: „die Erfahrung zeigt, daſs der Nordlichtbogen ein Theil eines ganzen leuchtenden Kreises ist, welcher in einer gewissen Höhe über der Oberfläche der Erde schwebt; denn hier in unsern hohen nördlichen Breiten sehen wir ihn bisweilen, wenn seine lothrechte Höhe über der Oberfläche der Erde groſs, sein Durchmesser aber klein ist, etliche Grade über dem nördlichen Horizonte in der Gestalt einer *ganzen sehr excentrischen Ellipse.*" Auch Maupertuis[6] und seine Begleiter

---

1 Ebend. p. 554.
2 G. XC. 619.
3 Poggendorff Ann. XXII. 439 u. 466.
4 Wiener Zeitschrift. Th. IX. S. 213.
5 Poggendorff Ann. XXII. 483.
6 Encyclop. meth. Part. Phys. T. I. p. 369.

Digitized by Google

sahen unter ungefähr 54°,5 N. B. einen elliptiſchen Bogen, und Morozzo[1] berichtet, daſs das von ihm zu Turin am 29. Febr. 1780 geſehene Nordlicht aus einem elliptiſchen Bogen mit verticaler Axe beſtanden habe, Richardson[2] aber, obgleich nach Dalton's Angabe geneigt, die Bögen ſtets für kreisförmig zu halten, ſagt ausdrücklich, er habe ſich durch den Augenſchein überzeugt, er ſey nicht jederzeit ein Kreisſegment, ſelbſt wenn er zum Zenith hinaufſteige, ſondern nehme zuweilen eine elliptiſche oder ſonſtige Geſtalt an. Auch Maupertuis in ſeiner oben mitgetheilten Beſchreibung der unter dem Polarkreiſe geſehenen Nordlichter ſagt ausdrücklich, daſs die Bögen häufig die Geſtalt einer Ellipſe annehmen, deren gröſster Theil über dem Horizonte ſichtbar wird, und auch Parry erwähnt, die Schenkel des Bogens bei dem gröſsten von ihm geſehenen Nordlichte hätten ſich etwas gebogen, ſo daſs eine etwas über den Horizont ſich erhebende elliptiſche Geſtalt hervorging. Die Erklärung ſcheint mir nicht ſchwierig, wenn man von Morozzo's Angabe der verticalen Richtung der Axe, als einem abnormen Falle, abſtrahirt, denn auch der bewölkte Himmel hat die Geſtalt eines gedrückten Gewölbes und aus gleichen Gründen kann der Nordlichtbogen in Folge optiſcher Täuſchung die Form einer Ellipſe annehmen, insbeſondere wenn die Erleuchtung im Horizonte etwas ſtark iſt.

Ferner aber kommen dieſe Lichtbögen, weder die einfachen, noch auch die in der Mehrzahl, ſelten in einem Augenblicke vollſtändig zum Vorſchein, ſondern meiſtens erhebt ſich zuerſt an einer Seite des Horizontes, zuweilen an zweien gleichzeitig, alſo in der Regel im Oſten und im Weſten, eine Lichtſäule, ſteigt einzeln oder beide ſteigen gleichzeitig empor und vereinigen ſich mit gleichen oder ungleichen Hälften zu einem unvollkommenen Lichtbogen. Hood[3] ſagt daher von ſeinen zahlreichen Beobachtungen zu Cumberland-Houſe, dem eigentlichen Sitze der Nordlichter, im Allgemeinen: „*The aurora does not always make its firſt appearance as an arch. It ſometimes riſes from a confuſed maſs of light in the eaſt or weſt, and croſſes the ſky towards the oppoſite point, exhibiting*

1 Mém. de l'Acad. de Turin. T. II. p. 328.

2 Narrative of a Journey etc. p. 597.

3 Ebend. p. 542.

Digitized by Google

wreath of beams or coronae boreales in its way." Der Lichtbogen kommt jedoch nicht allezeit wirklich zu Stande, sondern man gewahrt zuweilen nur die unteren Theile desselben, zuweilen selbst nur einen einzelnen von diesen, woraus mir die Angaben erklärlich werden, daſs so oft Nordlichter oder nordlichtartige Lichtscheine in N. O. oder N. W. und, wenn die Beobachter sich unter hohen Breiten befinden, in S. O. oder S. W. gesehen wurden. Vielleicht läſst es sich hierauf zurückführen, wenn Musschenbroek[1] angiebt, das 1730 gleichzeitig zu Toulouse und Paris gesehene Nordlicht sey ein doppeltes gewesen, weil es am ersteren Orte in W. N. W., am andern in O. N. O. gesehen wurde. Vermuthlich kam nämlich an beiden Orten nur ein Theil des Bogens, und zwar der entgegengesetzte, zum Vorschein, weil der andere sich nicht hoch genug über den Horizont erhob[2]. Solche Stücke unvollendeter Bögen scheinen mir auch die vier Streifen gewesen zu seyn, welche Sturgeon[3] am 7. Jan. 1831 vom östlichen Theile des Nordlichts aufschieſsen sah.

Wenn demnach schon die Mehrzahl der Nordlichtbögen die Messung ihrer Höhe unsicher macht, insofern sogar der eine oder der andere derselben den mehreren Beobachtern durch Wolken verdeckt seyn könnte, so wächst diese Unsicherheit noch mehr durch die Unstetigkeit dieser Lichtbögen, welche fast allezeit in geringerer Höhe über dem Horizonte gebildet werden und sich dann mit ungleicher Geschwindigkeit nach dem Zenith hin und über dasselbe hinaus bewegen. Diese Thatsache, welche mir bei den allgemeinen Beschreibungen der Nordlichter nur wenig beachtet zu seyn scheint, läſst sich durch die gewichtigsten Zeugnisse vollständig beweisen. Schon Bertholon[4] erwähnt als ein durch vielfache Beobachtungen ausgemachtes Resultat, daſs die Höhe der Bögen von 2° bis 40° verschieden sey und während der Dauer des Phänomens wechsele. Eben dieses sagt Farquharson[5] mit dem Zusatze, daſs die Bögen

1 Introd. §. 2497. *Tolosae in occasu aestivo, Parisiis in ortu aestivo.*

2 Vergl. Hist. de l'Acad. 1731.

3 Poggendorff a. a. O. Th. XXII.

4 Encyclop. méth. T. I. p. 369.

5 Edinb. Phil. Journ. N. XVI. p. 309.

ſich nicht bloſs überhaupt, ſondern auch mit wechſelnder Geſchwindigkeit bewegen, indem ein Bogen zuweilen den Raum von 45° über dem nördlichen Horizonte bis 30° ſüdlich vom Zenith in 30 Minuten zurücklege, und zwar ſey dieſe Geſchwindigkeit bei ſtark leuchtenden am gröſsten, ſtatt daſs man zu andern Zeiten die Bewegung kaum wahrnehmen könne. Ebenderſelbe [1] beſchreibt deutlich das allmälige Aufſteigen und endliche Verſchwinden der zwei Bögen des Nordlichts vom 22. Nov. 1825, ja es bildete ſich ſogar noch ein dritter Bogen, welcher jedoch bald wieder verſchwand. Auch am 9. Sept. 1827 waren zwei Bögen deutlich ſichtbar, welche beide ſich mit der Zeit höher erhoben. Farquharson ſchlieſst daher, daſs das von Dalton angegebene Verfahren zur Beſtimmung der Höhe des Nordlichts unzuläſsig ſey, weil dabei ſtets nur ein einziger Bogen berückſichtigt werde. Endlich erzählt auch Hood [2], daſs die niedrigſten von ihm zu Fort Enterpriſe geſehenen Nordlichtbögen nicht unter 4° Höhe hatten, dann aber nach dem Zenith aufſtiegen, ja es habe ſich nicht ſelten ereignet, daſs ihre Theile ſich mit ungleicher Geſchwindigkeit bewegten, indem ihre höchſten Puncte zuweilen 60° bis 70° über das Zenith hinausgingen, ohne daſs ihre unteren Enden merklich von der Stelle rückten. Umgekehrt aber kamen zu Cumberland-Houſe die unteren Enden der Nordlichtbögen zweimal bis zum Oſt- und Weſt-Puncte des Compaſſes, während die Scheitel ſich nur bis zu 10° über den Horizont erhoben. Auf gleiche Weiſe berichtet Laidlaw [3] von einem am 5. Oct. 1830 zu Roxburghſhire geſehenen Nordlichte, daſs ſich der Bogen um ſeine im Horizonte liegende Axe zu drehen ſchien, und Potter [4] erhebt dieſe wachſende Erhebung durch ſeine Meſſungen bei dem Nordlichte am 20. Febr. und 25. Dec. 1830 über allen Zweifel. Endlich erwähnen auch Coldstream und Foggo [5] von dem Bogen des groſsen Nordlichts am 29. März 1826, daſs ſie den-

1 Phil. Trans. 1829. p. 103 u. 115.

2 Narrative of a Journey cet. p. 580 u. 582.

3 Edinb. Journ. of Sc. New Ser. N. X. p. 252.

4 Ebend. No. IX. p 25.

5 Ebend. No. IX. p. 190. It ſoon evinced a decided motion towards the South, and in few minutes reached our zenith ..... the arch continued its motion towards the South and in 15 minutes paſſed through a ſpace of about 20 degrees.

Digitized by Google

selben allmälig sich erheben und in ungleichen Zeiten verschiedene Räume durchlaufen sahen, einmal mit solcher Schnelligkeit, daſs er während 15 Minuten 20 Grade zurücklegte. Auf jeden Fall geht also aus diesen Thatsachen hervor, daſs die Nordlichtbögen keineswegs einen sicheren Anhaltpunct zur Messung ihrer Höhen darbieten, weswegen auch Musschenbroek[1] dieselbe als ganz unstatthaft verwirft.

Obgleich also aus diesen und anderweitig leicht sich ergebenden Gründen von den Messungen der Höhen der Nordlichter keine bedeutenden Resultate zu erwarten sind, so möge die Aufgabe selbst hier doch kurz erörtert werden. Allgemein und theoretisch betrachtet begreift dieselbe mehrere Fälle in sich, welche jedoch insgesammt auf folgende zwei Hauptclassen zurückkommen, daſs nämlich der zu messende Bogen beiden Beobachtern entweder nach der nämlichen oder nach entgegengesetzten Seiten liegt. Die Fälle der ersteren Classe kommen bei weitem am häufigsten vor und zerfallen wieder in zwei Arten, nämlich daſs beide Beobachtungsorte unter demselben oder unter verschiedenen *Meridianen* liegen, und es kann dieser Meridian zwar ohne sehr bedeutende Unterschiede der astronomische seyn, besser aber ist es auf jeden Fall, den magnetischen zu wählen, weil die Nordlichtbögen auf diesem meistens lothrecht stehen. Am einfachsten ist die Aufgabe, wenn beide Beobachtungsorte an der nämlichen Seite des Nordlichtbogens und auf demselben Meridiane liegen, weil dann die Chorde des zwischenliegenden Bogens der Erde, die man für diesen Fall füglich als Kugel betrachten darf, die Basis eines geradlinigen Dreiecks giebt, worin auſser dieser die beiden ihr anliegenden Winkel bekannt sind, mithin der parallaktische Winkel sich von selbst ergiebt und die Auflösung ganz elementar wird. Liegen aber beide Beobachtungsorte nicht unter dem nämlichen Meridiane, so bleibt die Aufgabe auflöslich, wenn die Richtung des Lichtbogens als bekannt und seine Erhebung über der Erde als überall gleichmäſsig angenommen werden; im entgegengesetzten Falle wird sie unmöglich. Für die zweite Hauptclasse von Phänomenen, nämlich wenn beide Beobachtungsorte an entgegengesetzten Seiten des Lichtbogens liegen, findet ganz das Nämliche statt.

1 Introduct. §. 2502.

Da ich einmal die Ueberzeugung hege, daſs die Höhenmessungen der Nordlichtbögen der Wissenschaft keinen bedeutenden Gewinn tragen werden, so verweile ich ungern bei dieser Aufgabe; inzwischen scheint mir Folgendes am zweckdienlichsten zu seyn. Wenn einem Beobachter gerade eine schickliche Gelegenheit zu Theil wird, einen kenntlich begrenzten und mindestens einige Zeit stillstehenden Nordlichtbogen zu sehen, so thut er wohl, zu einigen wiederholten Malen entweder vermittelst eines Werkzeuges oder durch die Projection der Gesichtslinie nach einem kenntlichen Sterne, dessen Ort für die Beobachtungszeit leicht auszumitteln ist, wo möglich genau in der Ebene des magnetischen Meridians die Höhe desselben zu messen, in der Erwartung, daſs vielleicht eine zweite, mit einer der seinigen correspondirende Messung zum Auffinden der Parallaxe benutzt werden könnte. Trifft sich dieses und ist dann
Fig. 15. der durch die beiden Beobachtungsorte A und B gehende Theil eines gröſsten Kreises auf der Erde als ein solcher zu betrachten, daſs der gleichzeitig beobachtete höchste Punct N des Nordlichtes in eine durch ihn und das Centrum der Erde gelegte, nach dem Himmel verlängerte Ebene fällt, so sey $AC = BC = DC = r$ der Halbmesser der Erde, α der im Beobachtungsorte A und β der im Beobachtungsorte B gemessene Höhenwinkel. Es sey dann ferner der durch den zwischenliegenden Bogen der Erde gegebene Winkel $ACB = c$, der Winkel $BCD = x$ und die lothrechte Höhe des Bogens über der Erde oder $ND = h$, so ist $ANC = 90^\circ - (\alpha + c + x)$; $BNC = 90^\circ - (\beta + x)$; $NAC = 90^\circ + \alpha$; $NBC = 90^\circ + \beta$. Ferner

$$AC : NC = \text{Sin. } ANC : \text{Sin. } NAC,$$
$$BC : NC = \text{Sin. } BNC : \text{Sin. } NBC,$$

oder

$$r : (r + h) = \text{Cos.}(\alpha + c + x) : \text{Cos.}\,\alpha = \text{Cos.}(\beta + x) : \text{Cos.}\,\beta,$$

woraus man erhält:

$$r \,.\, \text{Cos.}\,\alpha = (r + h)\,\text{Cos.}(\alpha + c + x)$$

also

$$h = \frac{r\,[\text{Cos.}\,\alpha - \text{Cos.}(\alpha + c + x)]}{\text{Cos.}(\alpha + c + x)}$$

$$= \frac{2r \,.\, \text{Sin.}\left(\alpha + \frac{c + x}{2}\right) . \,\text{Sin.}\,\frac{c + x}{2}}{\text{Cos.}(\alpha + c + x)}.$$

Um aber x durch bekannte Gröſsen auszudrücken, ist:

Digitized by Google

$$\frac{\text{Cos.}(\alpha + c + x)}{\text{Cos.}(\beta + x)} = \frac{\text{Cos.}\,\alpha}{\text{Cos.}\,\beta},$$

also, wenn man die Werthe des Zählers und Nenners entwickelt und mit Cos. x dividirt,

$$\text{Tang. } x = \frac{\text{Cos.}\,\alpha - \text{Cos.}\,(\alpha + c)}{\text{Cos.}\,\alpha\,\text{Tang.}\,\beta - \text{Sin.}\,(\alpha + c)}.$$

Die älteren Physiker, namentlich auch Mairan, fühlten sich veranlaſst, die Höhe der Nordlichter sehr hoch zu setzen, denn das oben erwähnte, durch Gassendi beobachtete von 1621 sollte in ganz Frankreich und bis nach Syrien hin, also über einer Länderfläche von mindestens 12 Breitengraden, gesehen worden seyn. Ein anderes vom 17. März 1716 wurde sehr hoch nördlich und zugleich auf einem englischen Schiffe an der spanischen Küste unter 46° 30′ N. B. wahrgenommen, aber am auffallendsten war das groſse Nordlicht vom 19. Oct. 1826, welches zu Moscau, Petersburg, Warschau, Neapel, Madrid, Lissabon und Cadix gesehen wurde und also dem neuesten vom 7. Jan. 1831 kaum nachstand, welches im Gouvernement Wologda und Orenburg, in Dorpat, Riga, Königsberg, Warschau, Krakau, Breslau, Wien, Triest, München, Genf, Brüssel, Utrecht, Paris, Versailles, Gosport, Bedford, Woolwich, Christiania, Christiansand, Stockholm, Upsala und an vielen einzelnen Puncten innerhalb dieses groſsen Kreises beobachtet worden ist[1]. Man würde daher keinen Anstand genommen haben, die Höhe der Nordlichter, deren eigentlicher Sitz noch obendrein der Pol selbst seyn oder diesem nahe liegen sollte, als auſserordentlich hoch zu betrachten, wenn nicht der Stillstand dieser Meteore, mithin ihre Theilnahme an der Bewegung der Erde, zu der Folgerung geführt hätte, daſs sie ihren Sitz in der Atmosphäre haben müſsten, die jedoch nach den Berechnungen aus der Höhe der Dämmerung und der Länge der Quecksilbersäule im Barometer die zur Erklärung der Nordlichter erforderliche Höhe nicht wohl haben konnte, weswegen man geneigt war, die aus der Parallaxe des gesehenen Bogens gefolgerte so gering als möglich anzunehmen.

Zuerst stellte F. C. Maier[2] in seiner ausführlichen Be-

---

1 Poggendorff Ann. XXII. 435.

2 Comm. Pet. T. I. p. 351 und 365. Anni 1726. Ib. T. IV. p. 128. Anni 1728.

Digitized by Google

schreibung der Nordlichter eine Formel zur Berechnung ihrer Höhe bloſs aus der Polhöhe des Beobachtungsortes, aus der Höhe und Weite des Bogens mit der Voraussetzung auf, daſs sein Centrum in der Erdaxe liege. Nach dieser berechnet Kraft[1] aus einigen genauen Beobachtungen ihre Höhe zu 124,2 bis 145,3 und sogar 281,9 geographischen Meilen. Am bekanntesten ist die Angabe Mairan's[2] geworden, welcher aus dem am 19. Oct. 1726 von Godin zu Paris in 37° Höhe und vom Cardinal Polignac zu Frescati bei Rom gesehenen Lichtbogen die Höhe desselben zu 266,75 französischen oder 160 geographischen Meilen annimmt. Eine Menge Berechnungen nach der durch Kraft verbesserten Maier'schen Formel hat T. Bergmann[3] mitgetheilt, wonach die lothrechte Höhe von 30 gemessenen im Mittel 72, als Minimum 20 und als Maximum 151 schwed. Meilen beträgt, zugleich aber bei einem, nach Verschiedenheit der Voraussetzungen, zwischen 20 und 130 schwed. Meilen schwankt. Boscovich[4] setzt die Höhe des im Jahre 1826 gesehenen auf 720 und des groſsen von 1737 auf 886 italienische Meilen; Blagden[5] folgert aus der weiten Entfernung, wo sie gleichzeitig gesehen werden, daſs sie nothwendig über die Höhe des Luftkreises hinausgehen müſsten, und Cavendish[6] findet durch Berechnung ihre Höhe zu 52 und 71 geographischen Meilen.

Ich möchte alle diese Bemühungen zu den älteren zählen, weil sie insgesammt sich auf die Nordlichter aus der früheren bereits verflossenen, groſsen Periode beziehen. Sobald sie nach der langen Unterbrechung sich wieder zeigten, wurden auch die Versuche zur Bestimmung ihrer Höhen wieder erneuert. Zuerst geschah dieses durch Gilbert[7] bei dem am 22. Oct. 1804 von ihm in Halle und von Wrede in Berlin gleichzeitig beobachteten Nordlichte, dessen Höhe er 50,8 geographische Meilen und zwar so findet, daſs der Mittelpunct desselben gerade über

---

1 Ebend. T. IV. p. 341.

2 Hist. de l'Acad. 1731. Ausführl. in Traité de l'Aurore boréale. Sect. II. ch. 3.

3 Schwed. Abh. D. Ueb. Th. XXVI. S. 200. ff.

4 Dissert. de aurora bor. cet. p. 8. Vergl. Hutton Dict. I. 192.

5 Phil. Trans. LXXIV. p. 227.

6 Phil. Trans. 1790. p. 32. ff. 101.

7 Ann. d. Phys. XIX. p. 103.

Digitized by Google

Kongsberg unter 59° 2′ N. B. gelegen hätte, nach andern, hauptsächlich aus Wrede's Beobachtungen hervorgehenden Elementen würde jedoch dessen Höhe mehr als das Dreifache, nämlich 177 geogr. Meilen betragen haben. Eine Menge Berechnungen sind von Dalton[1] angestellt worden, deren Resultat im Allgemeinen darauf hinauskommt, daſs bei einem die Höhe genau 150 engl. Meilen, bei dem am 29. März 1826 gesehenen 100 englische oder ungefähr 33 französische[2], bei den am 17. Oct. 1819 und 27. Dec. 1827 gesehenen mindestens 100 engl. Meilen betragen sollte, worin er dann Uebereinstimmung genug findet, ihre Höhe allgemein zu sehr nahe 100 engl. Meilen anzunehmen[3]. Für die Voraussetzung, daſs die Gesichtslinien zweier oder mehrerer Beobachter sich in dem nämlichen Puncte des Nordlichtbogens schneiden, giebt Klügel[4] eine allgemeine Formel zur Berechnung ihrer Höhen, auch könnten unter dieser Bedingung füglich die für die Sternschnuppen von W. Brandes[5] mitgetheilten Rechnungsmethoden in Anwendung gebracht werden, allein hierauf ist nicht allezeit sicher zu bauen. Potter[6] hat die ganze Aufgabe ausführlich untersucht, eine eigene Formel der Berechnung aufgestellt und findet hiernach aus correspondirenden Beobachtungen zu Gosport und Manchester, welche beide Orte unter dem nämlichen magnetischen Meridiane liegen, die Höhe des am 12. Dec. 1830 gesehenen Bogens nach Verschiedenheit der unsichern Bestimmungen zu 77 oder 99 oder 134 engl. Meilen, des am 29. Sept. 1828 ebendaselbst beobachteten zu 197 bis 218 engl. Meilen. Auch das groſse Nordlicht vom 7. Jan. 1831 gab Veranlassung zu einigen Berechnungen. Christie[7] unter andern findet aus seinen Beobachtungen zu Blackheath und den gleichzeitigen von Harris zu Heron-Court die Höhe des gesehenen Bogens unter ver-

1 Meteorological observations and Essays. p. 69.

2 Vergl. Ann. Ch. Phys. XXXVI. p. 305.

3 Phil. Trans. 1828. p. 291—302.

4 G. XIX. 115.

5 Benzenberg über die Bestimmung der geographischen Länge aus Sternschnuppen. Hamb. 1802. S. 38. Brandes Unterhaltungen für Freunde der Physik und Astronomie. Heft 1. Leipz. 1825.

6 Edinburgh Journ. of Sc. N. S. No. IX. p. 23. ff.

7 Journ. of the Roy. Inst. N. II. et III. Poggendorff Ann. XXII. 473.

schiedenen Voraussetzungen 25,7 oder 14,86 oder 4,9 engl. Meilen, unter welchen Bestimmungen die letztere ihm die wahrscheinlichste dünkt, weil aus der Berechnung eines später gesehenen Bogens 4,7 engl. Meilen hervorgehen. Endlich findet Hansteen[1] mit Benutzung seiner oben von mir mitgetheilten Formel aus gleichzeitigen Beobachtungen zu Berlin unter 52° 22′ N. B. 31° 9′ L. und Christiansand unter 58° 12′ N. B. 25° 22′ L., da die Höhe des Bogens in Berlin 12° 30′ nördlich, zu Christiansand 11° 45′ südlich vom Zenith gemessen wurde, die lothrechte Höhe dieses Bogens = 26,3 geogr. Meilen; Poggendorff aber glaubt, daſs man dieselbe nur = 18,67 Meilen annehmen dürfe, da die Höhe des Bogens zu Berlin schwerlich mehr als 8° betragen habe.

Ein Ueberblick der hier mitgetheilten Bestimmungen, die sich leicht noch bedeutend vermehren lieſsen, führt zu dem Resultate, daſs die gemessenen Höhen der Nordlichter zwischen die weiten Grenzen von etwa 1 bis 150 geographischen Meilen fallen. Wollte man die älteren Messungen als minder genau verwerfen, aber die von Potter als gültig betrachten, so blieben die Extreme immer noch 1 und 50 geograph. Meilen und mit Weglassung der kleinsten englischen 4 und 50 geogr. Meilen. Diese weiten Grenzen geben Grund genug zu glauben, daſs die Messungen dieser Art überhaupt keine genügenden Resultate geben können, eine Vermuthung, welche eine auffallende Unterstützung in den zahlreichen Beobachtungen findet, nach denen die Höhe der Nordlichter nicht bloſs die vielen angenommenen Meilen keineswegs erreicht, sondern in zahlreichen Fällen vielmehr sehr gering seyn muſs. Schon F. C. Maier[2] setzt sie nach zahlreichen eigenen und vielen älteren ihm bekannt gewordenen Beobachtungen in die Region der höheren Wolken und bemerkt ausdrücklich, daſs oft die feinsten Wölkchen über ihnen gesehen würden. Kraft[3] behauptet am 24. Aug. 1737 das Nordlicht zwischen vielen getheilten Wolken gesehen zu haben, welches eben so am 25. Nov. 1744 und

---

1 Poggendorff Ann. XX. 483.

2 Comm. Pet. I. p. 354. Saepe accidit, ut nubes aliquae appareant, quae altiores sunt, quam quas lux borea sub se relinquit. Vergl. p. 364.

3 Comm. Pet. IX. p. 360.

22. Oct. 1746 der Fall war[1]. Erst seit Mairan hat sich die Ueberzeugung allgemein verbreitet, die Nordlichter müſsten sehr hoch seyn, aber die Beobachtungen unterstützen diese Meinung keineswegs. Bergmann[2] findet es nach den verschiedenen bekannt gewordenen Messungen unmöglich, daſs die Nordlichter bis zu der Wolkenschicht herabsteigen können, sah aber dennoch am 17. Oct. 1763 die strahlende Erscheinung sich bis in die feinsten Wolken erstrecken. Nach Wargentin's Mittheilung[3] sagt Gissler in Folge eigener und zugleich mit Hellant angestellter Beobachtungen im nördlichen Schweden, daſs zwar das Nordlicht sehr hoch in der Luft zu seyn scheine, wenigstens höher als die gewöhnliche Wolkenschicht, aber dennoch habe man überzeugende Beweise, daſs es mit der Atmosphäre in Verbindung stehe und sich oft bis zur Berührung mit der Erde in derselben herablasse. Farquharson[4] meint nach seinen zahlreichen Beobachtungen in Aberdeenshire unter 57° 12′ N. B., daſs die unteren Enden der Nordlichtstrahlen sicher bis zur gewöhnlichen Wolkenschicht, nämlich bis etwa 2000 Fuſs über der Erdoberfläche, herabgehen; die oberen möchten wohl 2000 bis 3000 F. höher seyn und auf jeden Fall liege die Region derselben in der der Wolken oder da, wo die Veränderungen der Dämpfe und Dünste statt finden. Hiermit stimmen die Aussagen aller derjenigen überein, welche die Nordlichter in der Nähe ihrer eigentlichen Sitze sahen, und wenn daher v. Wrangel[5] und Anjou diese ihre tiefe Herabsenkung nicht erwähnen, so möchte ich die Ursache hiervon in dem Umstande suchen, daſs sie sich nicht in der den Nordlichtern (unter b) angewiesenen eigentlichen Zone befanden. Thienemann[6] setzt sie nach seinen Beobachtungen auf Island in die Region der Wolken, und mehrere ältere Reisende, welche sich

1 Nov. Comm. Soc. Pet. I. p. 144 u. 149. Inter nubem quasi ludentem. Inter nubes fere continuas delitescentem.

2 Schwed. Abhandl. D. Ueb. XXVI. S. 258.

3 Ebend. XV. S. 86.

4 Edinb. Phil. Journ. XVI. p. 304. N. S. XII. p. 392.

5 Inzwischen sagt doch auch v. Wrangel Phys. Beob. S. 60.: Das Nordlicht erstreckt sich nicht immer in die höheren Regionen, sondern kommt bis zu einer bedeutenden Nähe der Erdoberfläche herab.

6 Edinb. Phil. Journ. XX. p. 366.

Digitized by Google

im hohen Norden aufhielten, erzählen wiederholt, sie seyen von ihnen ganz umgeben gewesen. Nach Biot[1], welcher sie auf den shetländischen Inseln beobachtete, sind sie über den Wolken, denn diese ziehen unter ihnen hin und werden von oben erleuchtet, aber sie müssen im Bereiche der Atmosphäre seyn, weil sie an der Bewegung der Erde Theil nehmen, und werden also durch Winde und Luftströmungen gestört. Wenn man nicht verkennt, daſs sich in dieses Urtheil theoretische Ansichten eingemischt haben und die Voraussetzung vorherrschte, sie müſsten bedeutend hoch seyn, so muſs dasjenige, was als das Resultat reiner Beobachtung erscheint, so viel mehr Gewicht erhalten. Biot setzt nämlich hinzu, daſs einzelne Strahlen der Nordlichter viel niedriger seyn müſsten, und er selbst habe einst eine Wolke aufsteigen gesehen, welche den Herd des phosphorischen Lichtes in sich trug, so daſs dieses bald vor ihr her zog, bald zurückzubleiben schien und ihre Ränder erhellte. Farquharson[2] geht in seinen spätern Behauptungen noch weiter, als in seinen bereits erwähnten frühern, indem er berichtet, daſs bei einigen von ihm gesehenen Nordlichtern kein Augenzeuge zweifeln konnte, ihre Strahlen kämen nicht aus den Wolken, aus denen sie hervorschossen, aber am 25. Nov. 1825 habe er deutlich wahrgenommen, daſs dieselben nicht höher waren als die feinsten am Himmel schwebenden Wolken. Bei einem spätern am 20. Dec. 1829 von zwei Beobachtern an verschiedenen Stationen gesehenen Nordlichte bestimmt er aus der ungleichen scheinbaren Erhebung des Bogens die Höhe zu 4000 Fuſs und glaubt, daſs die dunkeln Wolken, aus denen die Strahlen aufzuschieſsen scheinen, nichts anderes als die nächstgelegenen Hügel seyen, wenn diese Strahlen im Horizonte sichtbar werden[3].

Am gewichtigsten müssen wohl die Aussagen der englischen Reisenden seyn, welche die Nordlichter mit vorzüglicher Aufmerksamkeit an der Nordküste von America und auf dem angrenzenden Meere beobachteten. Parry[4] und seine Begleiter, obgleich sie sich die meiste Zeit jenseit der eigentlichen

---

1 G. LXVII. 20.
2 Phil. Trans. 1829. p. 113.
3 Ebend. 1830. p. 105.
4 Journ. of a third Voyage cet. p. 170.

Digitized by Google

Nordlichtlinie befanden, hielten manche derselben für sehr nahe und am 27. Jan. 1825 sahen mehrere derselben zugleich einen Lichtstrahl zwischen ihrem Standorte und dem nur 3000 Schritte entfernten Lande herabschieſsen. Scoresby[1] sagt, das Nordlicht sey unter 65° N. B. so tief herabgekommen, daſs die Strahlen die Spitzen der Masten zu berühren schienen. Vielfach und unter sich übereinstimmend sind die Zeugnisse Franklin's, Richardson's und Hood's, welche bei ihrem Aufenthalte an der Nordküste America's den Beobachtungen des Nordlichtes viele Zeit und groſse Aufmerksamkeit widmeten[2]. Nach Hood war am 2. April 1819 der leuchtende Strahl des Nordlichts zu Cumberland-House 10° über dem Horizonte hoch, in einer Entfernung von nur 55 engl. Meilen nach S. S. W. aber konnte es nicht gesehen werden, und da Bäume die Aussicht am letzteren Orte nur bis zu 5° über den Horizont wegnahmen, so konnte seine lothrechte Höhe nicht mehr als 7 engl. Meilen betragen. Am 6. April stand ein Nordlicht zu Cumberland-House im Zenith, aber zu Basquieau-Hill unter 53° 22′ N. B. und 103° 7′ 17″ W. L. erschien es als ein bleibender Bogen von nur 9° Höhe, so daſs also seine absolute Höhe nur 7 engl. Meilen betrug; am folgenden Tage veränderte sich seine Höhe zwischen 6 und 7 Meilen. Franklin behauptet sogar[3], daſs das Nordlicht zu Fort Enterprise am 13. Febr. 1820 bis unter die Wolken herabkam und auf jeden Fall die dem Beobachter zugewandte Seite der Wolken erhellte; überhaupt aber müsse er aus seinen Beobachtungen schlieſsen, daſs dasselbe zu verschiedenen Zeiten eine ungleiche Entfernung habe. Uebereinstimmend hiermit berichtet Hood[4], daſs Franklin und Richardson am 13. Nov. das Nordlicht zwischen der Erde und den Wolken gesehen hätten, er selbst aber sah die Zweige eines Nordlichts am 13.

---

1 Tagebuch einer Reise u. s. w. S. 31.

2 Narrative of a Journey to the shores of the Polar-Sea in the Years 1819, 20, 21 and 22 by John Franklin cet. Lond. 1823. 4. p. 390. ff.

3 Narrative cet. p. 551. Es sey mir erlaubt zu bemerken, daſs diese Thatsache im Beobachtungsjournale p. 559. noch weit bestimmter angegeben ist, als in der allgemeinen Uebersicht, und mit dem Zusatze, daſs die unter den Wolken hingehenden Strahlen diese so lange bedeckt hätten, bis sie unter ihnen weggezogen waren.

4 Narrative cet. p. 583.

Digitized by Google

März 1821 zu Fort Enterprise von N. W. her über die untere Fläche einer weiſsen Wolkenschicht hinstreifen, deren oberer Rand 80 Fuſs Abstand vom untern hatte. Das Nordlicht zog sich in einer Höhe von 70° hin und konnte also nicht höher als zwei engl. Meilen seyn, wenn man die Höhe der Wolken zu 1,5 engl. Meilen annimmt. Richardson[1] behauptet in Folge zahlreicher Beobachtungen, daſs er das Nordlicht deutlich unter den höheren Wolken und in der Region derjenigen feinen Wolken gesehen habe, welche sich nicht hoch über der Erdoberfläche zu befinden pflegen. Endlich sagt auch Franklin[2] von seinen Beobachtungen am Bärensee, daſs sie die Höhe der Nordlichter zwar nie direct gemessen, aber bestimmt in mehreren Fällen unter den Wolken gesehen hätten, ja einst sah Richarson sehr deutlich ein hellstrahlendes Nordlicht, während Kendal, welcher die Wache hatte und also auf dessen Erscheinen bestimmt achten muſste, gar nichts davon wahrnahm, obgleich er nur 20 engl. Meilen von jenem Orte entfernt war.

Bei der ganzen vorliegenden Untersuchung war zunächst allezeit bloſs von dem Nordlichtbogen die Rede, nicht aber von dem Lichtscheine im Horizonte, noch auch von dem meistens röthlichen Lichte, welches sich häufig über einen geringeren oder gröſseren Theil der Himmelskugel, zuweilen über das ganze sichtbare Firmament verbreitet und über dessen Höhe es wohl überhaupt ausnehmend schwer, wo nicht unmöglich seyn dürfte, irgend eine Bestimmung festzusetzen. Wenn es sich also bloſs um die Höhe der Lichtbögen handelt, so geht aus den beigebrachten zahlreichen Angaben so viel unverkennbar hervor, daſs sie gewiſs ungleich hoch über der Erde erhaben sind, und zwar am höchsten bei den gröſseren Nordlichtern, die eben deswegen auch an den meisten und am weitesten von einander entfernten Orten gesehen werden. Im Ganzen bin ich jedoch geneigt anzunehmen, daſs die mehreren Beobachter nicht einen und denselben Bogen sehen, wodurch also alle Messungen derselben unzulässig werden. Schwerlich erheben sich aber die Nordlichter an ihrer äuſsersten Grenze höher, als bis wohin die Dämmerung reicht, also nach Brandes[3] etwa bis 4 geographi-

---

1 Narrative cet. p. 597.

2 Narrative of a Second Expedition cet. App. VII.

3 S. *Dämmerung*. Bd. II. S. 277.

Digitized by Google

sche Meilen. Diese Höhe erreichen sie jedoch selten und verbreiten von hier aus ihr Licht bis in die Region der Wolken herab, welche überhaupt der Sitz der meisten kleineren Nordlichter ist. Ein Hauptargument hierfür, welches, so viel ich weiſs, bis jetzt noch nie zur Sprache gebracht ist, möchte ich aus der Lichtstärke dieser Meteore und hauptsächlich des Bogens hernehmen, welche für die entlegeneren Orte ungleich gröſsere Unterschiede zeigen müſste, als die bisherigen Beobachtungen ergeben. Wäre z. B. nach der durch Gilbert angestellten Berechnung der von ihm gemessene Nordlichtbogen über Kongsberg hingegangen, dort sein Abstand von der Erdoberfläche 50, in Halle aber 131 Meilen gewesen, so muſsten die Lichtintensitäten an beiden Orten sich nahe genau wie 8:1 verhalten, und was für eine Helligkeit an dem näheren Orte würde dieses voraussetzen! Nach Hansteen's Berechnung ging der Bogen in Christiansand 11° 45′ südlich vom Zenith vorbei und muſste also bei 26 Meilen Höhe in 5,4 Meilen südlicher Entfernung lothrecht über dem Horizonte stehen; sein Abstand von Christiansand war also ungefähr 28 Meilen, von Berlin aber 88 Meilen, welche ein Verhältniſs von nahe 1:3, also einen Unterschied der Lichtstärke von 9:1 geben, aber ich glaube nicht, daſs wir solche bedeutende Unterschiede anzunehmen berechtigt sind, wie aus der folgenden Untersuchung noch näher hervorgeht.

d) Leuchtkraft und Farbe der Nordlichter.

Die Nordlichter verbreiten sich zwar in einzelnen Fällen als eine unbegrenzte leuchtende Masse über kleinere und gröſsere Theile des Himmels, zuweilen über die ganze Halbkugel desselben, in der Regel aber bestehen sie aus einzelnen hellen, mit dunkeln abwechselnden Theilen, deren Lichtstärke und Farben zuerst einzeln untersucht werden müssen, um dann eine allgemeine Bestimmung über den Grad der durch das Ganze gegebenen Helligkeit folgen zu lassen.

1) Das dunkle, durch einen hellen Lichtbogen begrenzte Segment des Nordlichts erscheint oft als eine dunkle Wolke, und es ist wohl möglich, ja in seltenen Fällen sogar gewiſs, daſs sich ausnahmsweise in dieser Gegend des Himmels eine solche befinden mag, wie denn namentlich der südliche Theil des Horizontes zu Christiansand bei dem jener Gegend vorzüglich zugehörigen Nordlichte am 7. Jan. 1831 eine sogenannte Meer-

Digitized by Google

bank zeigte, über welcher das leuchtende Meteor ruhte[1], im Allgemeinen aber erscheint jenes Segment nur durch Täuschung in Folge des Gegensatzes gegen den hellen Bogen als eine dunkle Wolke und besteht eigentlich aus dem heitern, blauschwarzen Himmel. Manche Beobachter, welche mit dem Geschichtlichen dieses Meteors nicht genug bekannt waren, fanden es daher überraschend, daſs sie Sterne darin erblickten, und einige von diesen sprachen das, was sie in dieser Beziehung deutlich gesehen hatten, nur mit einiger Schüchternheit aus, obgleich diese Thatsache durch so viele Zeugen bekräftigt ist, daſs sie keinem Zweifel unterliegt. Schon Musschenbroek[2] in seiner sehr vollständigen und genauen Beschreibung des Phänomens sagt, die Strahlen und Bögen des Nordlichts seyen so dünn, daſs die Sterne erster und zweiter Gröſse dadurch gesehen würden, ja es sey dieses auch der Fall bei der dunkeln Wolke des Segmentes, obgleich seltener. Bei dem durch Maraldi und Louville am 11. Febr. 1720 beobachteten Nordlichte war auch das Segment unter dem Bogen etwas erhellt, aber man sah dennoch die Sterne dritter Gröſse hindurch[3]. Dr. Hamilton[4] bemerkt von dem 1763 gesehenen Nordlichte, daſs man die Sterne durch die dicksten zu ihm gehörigen Wolken gesehen habe, woraus also bestimmt hervorgeht, daſs jene Stellen ihrer Dunkelheit wegen scheinbar sich als Wolken zeigten und daher auch diesen Namen erhielten, der ihnen gar nicht gebührt. Ungleich bestimmter sind die Aussagen späterer Beobachter. Unter andern sagt v. Horner[5] ausdrücklich, daſs er am 19. Sept. 1803 bei dem glänzenden Nordlichte zu Schaageragt den untergehenden Arcturus mit röthlichem Lichte durch das dunkle Segment schimmern sah, Patrin[6] bemerkt im Allgemeinen, das Innere des Kreises scheine tiefe Dunkelheit zu seyn, aber dennoch sehe man die Sterne hindurch, Dupin[7] versichert, daſs man am 19. Sept. 1817 zu Glasgow die Sterne

1 Poggendorff Ann. XXII. 479.
2 Introduct. §. 2493.
3 Hist. de l'Acad. 1720. p. 4.
4 Philos. Essays. Ess. III. p. 106. Vergl. Hutton Dict. I. 191.
5 Von Zach Monatl. Corr. IX. 58.
6 Bibl. Brit. XLV. p. 89.
7 Ann. Ch. Ph. VI. G. LXVII. 190.

Digitized by Google

zwischen den Strahlen deutlich, unter dem Bogen bis zum Horizonte herab aber nur mit Schwierigkeit gesehen habe. Diese Zeugnisse lassen sich noch durch zwei andere vermehren, nämlich durch das von Robertson[1], welcher angiebt, daſs bei dem Nordlichte am 1. Oct. 1818 unter 62° N. B das Segment sich als sehr dunkel zeigte, daſs aber dennoch die Sterne eben so hell durch dasselbe schimmerten, als durch die glänzenden Theile, und durch das von Parry[2], welcher im Allgemeinen über die zu Port Bowen gesehenen Nordlichter bemerkt, daſs er sowohl als auch seine Begleiter das dunkle Segment unter dem leuchtenden Bogen nur vermittelst der durchscheinenden Sterne als unbewölkten Himmel erkannt hätten. Endlich wurde das groſse Nordlicht vom 7. Jan. 1831 von zu vielen genauen Beobachtern und an zu verschiedenen Orten gesehen, als daſs diese im Ganzen nicht seltene Eigenthümlichkeit dabei nicht gleichfalls wahrgenommen worden seyn sollte. Wirklich sah auch Kries[3] den Stern Wega mit bloſsen Augen durch das dunkle Segment schimmern und Gerling[4], welcher gleichfalls diese Beobachtung machte und den Umstand als neu mit vorzüglicher Aufmerksamkeit beachtete, bestätigt diese Thatsache sowohl in Beziehung auf den genannten als auch auf andere Sterne mit gröſster Bestimmtheit. Bei dieser Gelegenheit wurde dann auch bekannt, daſs Struve die nämliche Erscheinung bei einem andern Nordlichte bereits beobachtet hat[5].

2) Der Bogen des Nordlichts oder die mehreren zu demselben gehörigen Bögen bestehen im Allgemeinen aus weiſsem ins Gelbliche spielenden, an manchen Stellen zum Rothen übergehenden Lichte; wenn aber von einer Aehnlichkeit derselben mit dem Regenbogen geredet wird, so bezieht sich dieses zunächst vermuthlich mehr auf die Form, als auf die prismatischen Farben. Ueberhaupt ist man wohl berechtigt, das reine und nicht durch anderweitige Bedingungen modificirte Licht jener Meteore weiſs zu nennen, denn so zeigt sich insbesondere dasjenige, was zuweilen in jenem dunkeln Segmente oder als

---

1 John Ross Entdeckungsreise. Ueb. von Nemnich. S. 198.
2 Journ. of a third Voyage cet. p. 63.
3 Poggendorff Ann. XXII. 453.
4 Ebend. S. 455.
5 Ebend. S. 456.

die eigentliche, das Phänomen erzeugende Zone am nördlichen Himmel erblickt wird. Daſs dieses da, wo es minder intensiv ist, beim Durchgange durch die Luft einige seiner blauen Strahlen verliert und so in mehrfachen Abstufungen vom Gelb zum Orange und selbst zum Roth übergehen könne, ist nach optischen Gesetzen leicht erklärlich. Wenn das auf diese Weise schon röthliche Licht nochmals durch leichte Dunstschichten dringend zum Auge des Beobachters gelangt, so kann es bei zunehmender Verminderung seiner Intensität und durch den Einfluſs des Gegensatzes gegen das zugleich wahrgenommene weiſse, gelbe und heller rothe Licht dunkelroth und selbst tief purpurfarben werden. Das dunkelrothe und purpurfarbige Licht erscheint daher sehr häufig und war namentlich besonders auffallend am 7. Jan. 1831, ich selbst habe es mit groſser Aufmerksamkeit anhaltend betrachtet und bin fest überzeugt, daſs es durch den Einfluſs der zartesten, das intensive weiſse Licht unverändert durchlassenden Wölkchen erzeugt wird, über deren Verbindung mit dem Nordlichte unter f) noch weiter geredet werden soll. Ueberhaupt wird kein Beobachter die Aehnlichkeit zwischen den Färbungen der Nordlichter und denen der Morgen- oder Abend-Röthe verkennen[1], worauf schon der durch Gassendi zuerst gebrauchte Name (*aurora borealis*) beruht, weswegen ich keinen Anstand nehme, beide Phänomene auf gleiche Weise zu erklären[2]. Grünes Licht wird verhältniſsmäſsig viel seltener wahrgenommen, ich selbst habe es nie gesehen, glaube aber, daſs es nur für subjective Farbe, durch das oft sehr intensive Roth erzeugt, zu halten sey, wie denn bei der Abendröthe gleichfalls die zwischen den rothen Theilen des Himmels liegenden Streifen oft sehr merklich grün gefärbt erscheinen[3].

3) An die Nordlichtbögen schlieſsen sich unmittelbar die oftmals aufsteigenden Lichtsäulen; denn häufig sind sie die Anfänge der entstehenden, erst später völlig ausgebildeten oder überhaupt nicht ganz zur Vollkommenheit gelangenden Bögen, oder sie schieſsen aus diesen empor und sind auf jeden Fall ih-

---

1 Vergl. Kendal in Quart. Journ. of Sc. N. S. No. IV. p. 420.

2 Vergl. *Abendröthe* Bd. I. S. 3. ff.

3 Vergl. *Atmosphäre* Bd. I. S. 500. *Farben, physiologische.* Bd. IV. S. 118.

Digitized by Google

nen gleich gefärbt, die einzelnen zwischen diesen Haupttheilen zum Vorschein kommenden Strahlen und Lichtparthieen aber sind jenen gleich, meistens nur mehr oder minder tief roth gefärbt.

4) Bloſs bei den gröſseren Nordlichtern entsteht in der gröſsten Höhe der Lichtbögen oder in dem Puncte, wo die aufschieſsenden Lichtsäulen sich vereinigen, die sogenannte *Krone*. Mairan sah sie vorzüglich schön am 19. Oct. 1826 und vergleicht sie mit der Laterne eines Gewölbes oder dem Schluſsringe desselben. Zuweilen glich sie einem bloſsen Ringe, durch welchen man zwischen den verschiedenfarbig leuchtenden Wolken den blauen Himmel durchscheinen sah, zuweilen einer strahlenden Glorie, wie sie auf Gemälden dargestellt wird, stets aber vereinigten sich dort die sämmtlichen, am ganzen Horizonte aufschieſsenden Strahlen. Schon Gregorius Turonensis[1] vergleicht die 1585 gesehene Krone mit einem Zelte oder einer Art Mütze; Halley sah sie am 17. März 1716 und bemerkt, eben so wie die beiden eben genannten Schriftsteller, daſs sie sich gewöhnlich im Zenith zeige, zuweilen aber sowohl südlich als auch nördlich sich von demselben entferne. Seitdem ist sie oft gesehen und stets durch den üblichen Namen Krone bezeichnet worden, weil sie hiermit mehr oder minder groſse Aehnlichkeit hat. Nach Farquharson[2] wird sie erst im Zenith oder südlich von demselben dadurch erzeugt, daſs die dort sich vereinigenden Strahlen eine nebelartige wallende Masse bilden.

Die hier mitgetheilten Angaben über die Färbungen der einzelnen Theile des Nordlichts stimmen mit den Angaben der Beobachter so genau überein, daſs es genügen wird, zur gröſsern Vollständigkeit nur einige derselben speciell mitzutheilen. Bertholon[3] beschreibt das Licht der Bögen und der daraus hervorschieſsenden Strahlen als dem der Dämmerung ähnlich, es wird jedoch intensiver, hauptsächlich wenn mehrere Säulen sich vereinigen, und spielt dann in Grün, Blau und Purpurfarben. Hagen[4] sah bei dem Nordlichte am 22. Oct. 1804 nur weiſses Licht, aus dem Strahlen aufschossen, an einigen Stel-

1 Opp. Lib. VIII. cap. XVII. p. 390.
2 Edinb. Phil. Journ. XVI. 304.
3 Encyclop. method. T. I. p. 369.
4 G. XIX. 111.

Digitized by Google

len aber rothes, bis ins Blutrothe übergehendes, aus welchem keine Strahlen hervorbrachen; in Paris[1] will man bei ebendemſelben nur weiſses und rothes Licht gesehen haben, doch gingen diese Farben nie in einander über. Biot[2] sagt, die einzelnen Strahlen entstehen, nehmen zu an Gröſse und Lichtstärke, bis sie ihr Maximum erreicht haben, dann verschwinden sie allmälig. Ihr Licht und das der Bögen ist weiſs und spielt bloſs zuweilen ins Röthliche. Nach Dupin[3] war zu Glasgow am 19. Oct. 1817 das Licht im Ganzen weiſs oder etwas orangefarben, doch zeigten sich an den unteren Enden der Strahlenbüschel Roth, Gelb und Blau; ein schwaches Grün nur einmal. Nach Farquharson's[4] zahlreichen Beobachtungen in Aberdeenshire unter 57° 12′ N. B. ist der erste Schein des Nordlichts blauweiſs, wie bei der Dämmerung; erhebt sich dasselbe aber mehr über den Horizont, so wird es blaſsgrün, die Strahlen aber zeigen unten blaues und violettes, oben gelbes und orangefarbenes Licht. John Coldstream[5] sah den glänzenden Strahl des Nordlichts zu Leith am 19. März 1825 weiſs, aber nach dem Horizonte hin ins Bläuliche spielen. Nach Henderson[6], welcher die Nordlichter in Island einen ganzen Winter hindurch fast jede Nacht beobachtete, war ihr Licht hellgelb, spielte aber zuweilen ins Grüne und Rothe. Nach Scoresby[7] waren insbesondere die Krone des am 3. und des am 25. April 1822 unter 64° 41′ N. B. von ihm gesehenen Nordlichts und die aus derselben aufschieſsenden Strahlen schön blau, grün und blaſsroth gefärbt; Hood[8] dagegen meint, die Farben entständen bloſs durch die Bewegung der Strahlen und nur unter der Bedingung, wenn letztere sehr schnell und das Licht bedeutend stark sey, indem dann die untern Theile ein feuriges Roth, die obern Gelb zeigten. Nach seinen Beobachtungen zu Fort Enterprise unter 64° 28′ 24″ N. B. haben die Strahlen nur drei Farben, nämlich Erbsengrün an den obersten Enden, Pur-

1 G. XIX. 250.
2 Ebend. LXVII. 19.
3 Ebend. 191.
4 Edinb. Phil. Journ. XVI. p. 304.
5 Edinb. Journ. of Sc. IX. 86.
6 Iceland. Edinb. 1819. p. 277.
7 Tagebuch einer Reise u. s. w. S. 31.
8 Narrative of a Journey cet. p. 543.

purfarben und Violett untermischt an den untern, und nur in einem Falle war die letztere Orange, welche aber zu Cumberland-House vorherrschte. Nach der Aussage Richardson's[1], eines so fleiſsigen und genauen Beobachters in jenen den fraglichen Meteoren ganz eigenthümlichen Gegenden, ist die gewöhnliche Farbe und Helligkeit der Nordlichter der Milchstraſse gleich; befanden sich aber feine Wölkchen am Himmel, so ging das Licht in Goldgelb von ungleicher Tiefe über, bei völliger Heiterkeit oder bei der Anwesenheit sehr weniger und dünner Wölkchen waren die Farben lebhaft und prismatisch. Es muſs hierbei auffallen, daſs die Farben des Nordlichts mit der Anwesenheit feiner Wölkchen in Verbindung gebracht werden, da man in der Regel bei dem Erscheinen dieser Meteore die Anwesenheit eines ganz reinen Himmels voraussetzt und auch wahrzunehmen glaubt. Bei der Beschreibung des Nordlichts vom 20. Dec. 1820 wird noch besonders erwähnt[2], daſs die Bögen an Gestalt und Farbe dem Regenbogen glichen, jedoch waren Blaugrün und Violett nicht darin sichtbar; die gelben Strahlen nahmen den gröſsten Raum ein, ihnen am nächsten der Zahl nach kamen die rothen, aber bei andern Nordlichtern zeigten sich auch purpurfarbene und violette Strahlen.

Die Zeugnisse über dasjenige, was in weiter östlich und zunehmend nach Norden gelegenen Gegenden wahrgenommen wurde, liefern die nämlichen Resultate. Kendal[3] hält im Ganzen das Licht der Strahlen für weiſs und leitet die Färbungen von dem Einflusse der Dünste in der Atmosphäre ab, welche ähnliche Farben auch bei Sonnenuntergang erzeugen; jedoch glaubt er offen gestehen zu müssen, daſs am 25. Sept. 1827 im wahren Norden der eigentliche Sitz des Meteors, bestehend aus blendend weiſsem Lichte, gewesen sey, begleitet von rechts und links aufsteigenden, ins Purpurfarbene und selbst Violette spielenden Strahlen. Im Allgemeinen kommen nach seiner Ansicht zu dem weiſsen Lichte die verschiedenen Schattirungen von Gelb bis zu dem dunkelsten Roth, welche durch die verschiedene Beschaffenheit der Atmosphäre bedingt werden. In der Beschreibung, welche J. H. C. Dau[4] von dem groſsen

1 Narrative of a Journey cet. p. 599.

2 Ebend. p. 613.

3 Quarterly Journ. of Sc. N. Ser. No. IV. p. 389 u. 405.

4 Tidsskrift for Naturvidenskaberne 1828. No. 14. p. 257.

Digitized by Google

Nordlichte zu Kopenhagen am 26. Sept. 1827 mittheilt, wird bloſs weiſses Licht nebst den verschiedenen Färbungen von Roth erwähnt. Hausmann[1] bemerkte bei dem groſsen Nordlichte in Norwegen unter 62° 30′ N. B. nur bläulich-weiſses Licht. Keilhau[2] sah in Finmarken bei vielen Nordlichtern den Bogen meistens gelblich, wenn er höher kam, war unten Grün, oben Purpurfarbe, bei starker Bewegung aber lagen beide Farben und auch Gelb regellos durch einander. Nach v. Wrangel[3] endlich zeigte das Nordlicht niemals prismatische Farben, doch behaupteten die dortigen Einwohner früher bei stärkeren Nordlichtern solche gesehen zu haben. Das Nordlicht am 7. Jan. 1831 ist an so vielen Orten gesehen und von so manchen genauen Beobachtern beschrieben worden, daſs sich aus der Gesammtmenge der Beschreibungen sicher schon eine vollständige Auskunft über alle dabei sich zeigenden Farben entnehmen läſst. Alles zusammengenommen wird aber auſser dem weiſsen Lichte am allgemeinsten und fast ohne alle Ausnahme das rothe in seinen verschiedenen Modificationen, als feuerroth, dunkelroth bis zur Purpurfarbe, erwähnt, weniger häufig Gelb, obgleich das eigentlich weiſse Licht sehr leicht hierin übergeht, das Blau aber, dessen nur zweimal gedacht wird, nämlich aus Graesówetz im Gouvernement Wologda, wo die Streifen erst dunkelblau und dann hellgelb wurden, und aus Elberfeld, wo Egen röthlich, bläulich und weiſslich gefärbte Strahlen sah, scheint mir durch die Schwächung des weiſsen Lichtes oder den physiologischen Gegensatz, welchen das gelbliche Licht hervorruft, erzeugt zu worden seyn[4]. Eben dieses glaube ich auch in Beziehung auf das grüne Licht annehmen zu dürfen, welches nur an zwei Orten, nämlich zu Paris und zu Gosport, gesehen wurde[5], so daſs also die oben über die Farbenerzeugung gegebene Erklärung völlig auszureichen scheint.

Die Erhellung, welche die Nordlichter im Allgemeinen erzeugen, ist so viel stärker, je höher dieselben heraufkommen, und mag daher in denjenigen Gegenden immerhin bedeutend

1 Reise in Scandinavien. Th. V. S. 259.
2 G. XC. 619.
3 Physik. Bemerk. S. 58.
4 Poggendorff Ann. XXII. 436 u. 459.
5 Ebend. S. 466 u. 469.

Digitized by Google

stärker seyn, wo sie durch das Zenith gehen; auſserdem haben die Reinheit des Himmels und die gröſsere Ausbreitung des Meteors einen bedeutenden Einfluſs, im Ganzen aber glaube ich annehmen zu dürfen, daſs die durch sie gegebene Erleuchtung nur in seltenen Fällen der des Vollmondlichtes nahe kommt und sie nur als sehr einzelne Ausnahme oder nie völlig erreicht. Zu dieser Bestimmung berechtigen die gewichtigsten Zeugnisse und ich möchte es daher mehr in das Gebiet der poetischen Ausdrücke als der genauen Beschreibungen verweisen, wenn es zuweilen heiſst[1], daſs die Nordlichter unter hohen Breiten die langen Nächte bis fast zur Tageshelle erleuchten, wobei noch auſserdem zu berücksichtigen bleibt, daſs nach den glaubhaftesten Zeugnissen die Intensität ihres Lichtes in der ihnen eigenthümlichen Zone[2] am stärksten ist, von dort an aber nach Norden hin schneller abnimmt als nach Süden. Als hauptsächlichstes Mittel der Vergleichung dient das Verschwinden der kleineren Sterne, nach welchem Maſsstabe die Nordlichter im Allgemeinen nur die Helligkeit des Mondes im ersten Viertel erreichen, und wenn sie dennoch heller und dem vollen Mondlichte gleichkommend scheinen, so rührt dieses ohne Zweifel von dem Umstande her, daſs der Mond das ganze Himmelsgewölbe erleuchtet, das Nordlicht aber in der Regel in einzelnen hellen Streifen sich darstellt und zwischen diesen sehr dunkle Räume zurückläſst, gegen welche dann die erhellten desto mehr abstehen. Es läſst sich hierfür auch die bekannte Erfahrung anführen, daſs beim Vollmonde der ganze Himmel mit Wolken bedeckt seyn und es selbst regnen kann, dennoch aber eine bedeutende Helligkeit zurückbleibt, statt daſs das Nordlicht bei ganz bedecktem Himmel völlig verschwindet, wie dieses namentlich in Colberg nach der Aussage von Senff[3] bei dem sehr groſsen am 7. Jan. 1831 der Fall war. Die Richtigkeit dieser Bestimmung geht unverkennbar aus den Zeugnissen der Beobachter hervor.

Indem ich im Begriff bin, die angegebene Bestimmung der Helligkeit des Nordlichts im Ganzen durch Zeugnisse zu unterstützen, erlaube ich mir die Bemerkung vorauszuschicken, daſs

---

1 Z. B. Middleton in Phil. Trans. N. 465. Ellis Voyage to Hudson's Bay. p. 143. u. a. a. O.

2 Vergl. oben b).

3 Poggendorff Ann. XXII. 439.

die Aeuſserungen der Beobachter hierüber zwar höchst zahlreich sind, aber allezeit nur beiläufig nach ungefährer Schätzung mitgetheilt werden, insbesondere ist es aber sehr wichtig, zugleich auf den Zusammenhang zu achten, in welchem die Helligkeit der Nordlichter mit der übrigen Klarheit der Atmosphäre steht, weil dieses zu einigen für die Erklärung des Phänomens meiner Ansicht nach höchst wichtigen Betrachtungen führt. Nehmen wir zuerst einige Aussagen älterer Beobachter aus niederen Breiten. Morozzo[1] berichtet, daſs er bei dem Nordlichte am 29. Febr. 1780 zu Turin die Sterne durch die rothen Strahlen desselben gesehen habe. Bertholon[2] erwähnt, daſs man bei dem nämlichen, auch von ihm als sehr hell beschriebenen Nordlichte mit Leichtigkeit habe lesen können, und von andern sagt er, daſs verschiedene Gegenstände in ihrem Lichte einen sehr kenntlichen Schatten gegeben hätten. Bory de St. Vincent[3] sagt von dem Nordlichte am 22. Oct. 1804, daſs der Mond sehr hell schien, weswegen das Meteor weniger glänzte und von einigen gar nicht beachtet wurde. Die von demselben aufschieſsenden Strahlen, wenn sie vor Sternen selbst zweiter Gröſse vorbeischossen, verdunkelten dieselben dann nicht sowohl durch ihren Glanz, als vielmehr durch eine Art von Ueberdeckung. Die Helligkeit eben dieses Nordlichts setzt Gilbert[4] der des leuchtenden Phosphors gleich, aber heller als das Leuchten der Elektricität im luftleeren Raume. Mit der Zunahme der nördlichen Breite scheint allerdings die Erhellung durch das Nordlicht vermehrt zu werden, aber keineswegs in einem solchen Grade, als die gröſsere Annäherung zum eigentlichen Sitze des Meteors vermuthen lieſse, wie schon oben (unter c) am Ende) gelegentlich bemerkt wurde. Hausmann[5] sagt, die Helligkeit des von ihm beobachteten Nordlichts sey so groſs gewesen, daſs er gedruckte Schrift ohne Schwierigkeit lesen konnte, nach Hällström[6] dagegen konnte man die Sterne erster Gröſse durch den Lichtbogen am 12. Febr. 1798 deutlich

---

1 Mém. de l'Acad. de Turin. T. II. p. 328.

2 Encyclop. meth. T. I. p. 366.

3 G. XIX. 251.

4 G. XVIII. 256.

5 Reise durch Scandinavien Th. V. S. 260.

6 Diss. phys. de arcubus luminosis in coelo conspectis. Aboae 1802. G. XVIII. 74.

Digitized by Google

sehen. Brewster[1] setzt die Helligkeit des Nordlichts allgemein der des Vollmonds im ersten Viertel gleich, wenn die Sonne einige Grade unter dem Horizonte ist. Farquharson[2] bemerkt, daſs das Nordlicht am 9. Sept. 1827 dem hellen Mondscheine (den Ephemeriden nach am 4ten Tage nach Vollmond) gar nicht nachstand. Hiermit übereinstimmend ist die Angabe von Coldstream[3], daſs am 19. März 1825 zu Leith bloſs die Sterne erster und zweiter Gröſse durch die Nordlichtstrahlen sichtbar waren, wogegen ein anderer Beobachter[4] berichtet, daſs man am 21. Jan. 1826 selbst zwei Sterne 6ter und 7ter Gröſse in der Cassiopea durch den Nordlichtstrahl gesehen habe. De la Pilaye[5] beschreibt die von ihm auf Terre neuve gesehenen so hell, daſs ihr Licht durch die dicken dortigen Nebel dringe und einen Schatten werfe, eine Angabe, welche die aller übrigen genauen Beobachter weit übertrifft. Daſs sie dort zuweilen irisirend seyn sollen, rührt vermuthlich von der Lichtbrechung im Nebel her.

Rücksichtlich der Beobachtungen unter sehr hohen Breiten sagt Scoresby[6], die Helligkeit derselben, wenn sie bis ins Zenith reichten, gleiche der des Vollmonds. Am gewichtigsten aber, wie in allen andern Beziehungen, sind auch in dieser die Zeugnisse der englischen Reisenden an den Küsten von Nordamerica. Ueberblickt man die sämmtlichen Angaben Parry's über seine Beobachtungen auf der Insel Melville unter 75° N. B., so war dort das Nordlicht kaum so hell als das Licht des Mondes in der ersten Quadratur, die Farbe glich der des erleuchtenden Phosphors und spielte zuweilen etwas ins Rothe, sonst aber war keine wahrnehmbar; die unter 65° N. B. auf der Rückreise gesehenen waren etwas heller. Nach den Beobachtungen eben dieses Reisenden[7] und seiner Begleiter während ihres Aufenthalts zu Port Bowen unter 73° 15′ N. B. war die Helligkeit der Nordlichter dort nicht stärker, aber merkwürdig ist der zugleich bemerkte Umstand, daſs der Schein auch der

---

1 Ediub. Journ. of Science. IX. 75.
2 Phil. Trans. 1829. p. 109.
3 Edinb. Journ. of Sc. No. IX. p. 87.
4 Ebend. No. XVII. p. 129.
5 Mém. de la Soc. Linn. T. IV. p. 462.
6 Tagebuch einer Reise u. s. w. S. 31.
7 Journ. of a third Voyage p. 63.

Digitized by Google

schwächsten Nordlichtstrahlen wie ein sehr dünner vorgezogener Schleier den Glanz der Sterne verdunkelte. Auch nach den Angaben Franklin's und seiner Begleiter kam die Helligkeit der von ihnen gesehenen Nordlichter der des Vollmonds kaum gleich, Richardson[1] bemerkt aber einige Male, daſs die kleineren Sterne unsichtbar wurden, wenn die glänzenderen Theile des Nordlichts unter ihnen hinzogen, die gröſseren wurden jedoch dadurch nicht unsichtbar. In einem hohen Grade auffallend ist aber die nicht zu bezweifelnde Angabe, daſs am 13. Febr. 1821 das Nordlicht zu Fort Enterprise unter 64° 30′ N. B. sehr hell erschien, obgleich kein Stern am trüben Himmel sichtbar war und nur die Ränder des Mondes zwei Tage vor Vollmond schwach durch die Wolken schimmerten[2]. Hiernach müſste die Lichtstärke dieser Meteore die des Mondes um ein Vielfaches übertreffen; und da diese Annahme mit den zahlreichsten Zeugnissen im Widerspruche steht, so kann der Erklärungsgrund nur darin liegen, daſs das Nordlicht dort der Erde sehr nahe war und namentlich bis in die Wolken, ja selbst unter einige derselben herabging, wie dieses auch bereits oben (unter c) aus vielen anderweitigen Zeugnissen genugsam nachgewiesen ist.

Das letzte Nordlicht am 7. Jan. 1831 gehörte unzweifelhaft unter die ungewöhnlich hellen, und somit läſst sich dann leicht erklären, daſs es selbst in Zimmern, welche durch Kerzenlicht erleuchtet waren, seine Helligkeit verbreitete und einen rothen Widerschein auf manche Gegenstände warf, desgleichen auch Schatten erzeugte, ohne daſs jedoch hieraus eine dem stärksten Vollmondlichte nur völlig gleichkommende Lichtstärke gefolgert werden kann. Indeſs wird unter andern aus Brakel gemeldet, es habe die Gegend so erleuchtet, daſs man ohne Anstrengung Gedrucktes zu lesen vermochte, in England dagegen war es nur so hell als das Licht des Vollmonds, wenn dieser durch eine dunkle Wolke scheint[3], und auch nach meiner eigenen Beobachtung erreichte es seines schönen und stark strahlenden Glanzes ungeachtet die Helle des Vollmonds bei ganz heiterem Himmel kaum mehr als zur Hälfte. Sehr richtig und genau bezeichnend bemerkt aber Klöden[4], daſs die Sterne vierter Gröſse

---

1 Narrative of a Journey cet. p. 600 u. 615.
2 Ebend. p. 559.
3 Poggendorff Ann. XXII. 470.
4 Ebend. S. 443.

durch den Bogen eines Nordlichts sichtbar waren, da in der Dämmerung selbst die dritter Gröſse oft schwer zu sehen sind, daſs das Licht also schwächer als das der Dämmerung war, jedoch gegen den dunkeln Nachthimmel stark abstach. Hierdurch, meint er, sey zugleich erwiesen, daſs der Lichtbogen in reiner Atmosphäre stattfand und an keinem dunst- oder nebelartigen Stoffe haftete, was jedoch nur unter der Bedingung folgen würde, daſs ein solcher Stoff die Durchsichtigkeit der Luft merklich vermindert haben würde. In dieser Beziehung verdient sehr beachtet zu werden, daſs man in dem nicht so sehr weit entfernten Leipzig an dem nämlichen Tage eine Nebensonne gesehen hatte und die Sterne durch ein Fernrohr betrachtet stark flackerten, was allerdings auf dunstartige Stoffe in der Atmosphäre hindeutet. Kries vergleicht das Licht des Meteors mit dem der Morgenröthe, was auch mir sehr passend zu seyn scheint.

e) Geräusch der Nordlichter.

Daſs das Nordlicht von einem Getöse, einem Geräusche begleitet sey, scheint mir ursprünglich auf den Aussagen der Grönlandsfahrer zu beruhen, welche ihre Erzählungen von dem, was sie in so fernen Gegenden gesehen hatten, gern mit etwas Abentheuerlichem ausschmückten, aber es ist merkwürdig, daſs so viele ältere und neuere Angaben über diese Thatsache übereinstimmen, die durch keinen nothwendigen Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung begründet ist und durch die Verneinung einer Menge von glaubhaftesten Zeugnissen höchst zweifelhaft und unwahrscheinlich wird. Musschenbroek[1] theilt die Nachricht von einem Geräusche bei der Bildung des Nordlichtbogens oder seiner Säulen aus dem Munde der Grönlandsfahrer mit, sagt dabei nichts von andern Zeugnissen aus niedern Breiten, bemerkt jedoch ausdrücklich, daſs man dasselbe in Belgien nie wahrgenommen habe, woraus ich schlieſse, daſs ihm keine ältern Zeugnisse bekannt waren. Bloſs einige fleiſsige Beobachter in Schweden sollen gleichfalls nach einer ihm bekannt gewordenen Angabe[2] das Geräusch gehört haben, Hiermit übereinstimmend erwähnt Wargentin[3], es gäben

1 Introd. §. 2495.
2 Acta literaria Sueciae 1731.
3 Schwed. Abhandl. D. Ueb. XIV. 178. XV. 86.

viele vor, sie hätten beim Nordlichte ein Geräusch, ein Brausen in der Luft gehört, und beruft sich hierbei auf die Aussagen Gissler's und Hellant's, welche lange Zeit im nördlichen Schweden zubrachten. Das gewichtigste Zeugniſs aber, auf welches man sich nachher am meisten berufen hat, ist das von Gmelin[1], welcher erzählt, es hätten ihn viele Personen versichert, das Nordlicht sey in Sibirien mit einem so heftigen Zischen, Platzen und Rollen verbunden, daſs es scheine, als höre man das oft wiederholte Knallen des allergröſsten Feuerwerks, weswegen die Leute zu sagen pflegten, der rasende Geist gehe vorüber. Würden die Jäger der weiſsen und blauen Füchse an den Ufern des Eismeers von diesen Nordlichtern überfallen, so erschräken ihre Hunde so sehr, daſs sie sich auf die Erde legten und es unmöglich sey, sie von der Stelle zu bringen, bis das Getöse geendigt habe. Da es sich zunächst um die Feststellung einer bloſsen Thatsache handelt und eine so groſse Menge von Zeugnissen einander entgegenstehen, die noch obendrein rücksichtlich der Eigenthümlichkeiten des Phänomens keineswegs vollkommen übereinstimmen, so scheint es mir am zweckmäſsigsten, zuvörderst die gewichstigsten Zeugnisse selbst mitzutheilen, und demnächst meine Ansichten über die Art hinzuzufügen, wie sich die Widersprüche vielleicht beseitigen lassen.

Ramm[2] versichert in seiner Jugend etwa um 1767 zu Hedemarken fern von Waldungen oft ein die Nordlichtstrahlen begleitendes wisperndes Geräusch gehört zu haben; John[3] erwähnt, daſs er selbst bei einem Nordlichte ein platzendes Geräusch (*flashing noise*) gehört habe; Blagden[4] nahm es nicht selbst wahr, lieſs sich aber von Nairne erzählen, daſs dieser zu Northampton ein zischendes Getöse (*hizzing or whizzing noise*) wahrgenommen habe; Messier[5] hörte es am 21. März 1762 zu Paris, der bekannte Physiker Charles berichtet dasselbe und Chézy hielt es für unmöglich, an dieser ausgemachten Thatsache zu zweifeln. Nach Steward[6] hört man in stillen

---

1 Reise durch Sibirien III. S. 135. Uebersetzt von Blagden in Phil. Trans. LXXIV. p. 228.

2 Schweigger's Journ. N. R. XV. S. 90.

3 Phil. Trans. 1757.

4 Ebend. 1784.

5 Journ. des Savans. T. VI.

6 G. LXVII. 36.

Nächten in der St. Lorenz-Bucht in Nordamerica stets jenes Geräusch, BELKNAP[1] versichert gleichfalls, ein zischendes Geräusch bei den Nordlichtern gehört zu haben, eben so CAVALLO[2], DE LA PILAYE[3] aber will während seines längeren Aufenthaltes auf Terre neuve und bei den vielen dort beobachteten Nordlichtern nur einmal gegen das Ende beim Erscheinen der leuchtenden Bögen ein Geräusch wie von einem fernen, über Kiesel rollenden Bache gehört haben, ein Zeugniſs, welches nicht sehr ins Gewicht fällt und eher für die entgegengesetzte Meinung benutzt werden könnte. Inzwischen giebt es auſser diesem noch andere gewichtige Autoritäten. BREWSTER[4] hörte nicht bloſs selbst bei dem Nordlichte am 5. Dec. 1801 ein Geräusch, als wenn der elektrische Funke vom Glascylinder zum Conductor überströmt, sondern erhielt auch eine Bestätigung der Sache durch GRANT und BURNESS, welche beide dieses auf den Orkney-Inseln beobachtet hatten. HEARNE[5] meint, dieses Geräusch, dem des Flatterns einer Fahne im Winde ähnlich, müsse unter höhern Breiten stets gehört werden, wenn es nur still genug sey, wie denn auch noch HENDERSON's[6] Beobachtungen auf Island bei jedem lebhaften Aufschieſsen der Strahlen ein Geräusch gehört werden soll, als wenn Funken von der Elektrisirmaschine ausfahren. Was aber mehr als alles dieses auffallen muſs, ist das Zeugniſs von WINKLER[7], welcher versichert, in seiner Jugend nicht bloſs selbst dieses knisternde und zischende Geräusch zu Gera oder vielmehr in der Nähe der Saale gehört zu haben, sondern auch von glaubhaften Zeugen zu wissen, daſs die Landleute im Magdeburgischen bei Nordlichtern ins Freie zu gehen pflegten, um sich an dem Geräusche zu ergötzen.

Dürfte man solchen Aussagen nur den mindesten Glauben beimessen, so müſsten andere, hauptsächlich aus höheren Breiten, noch mehr ins Gewicht fallen. Nach PETRI[8] hört man

---

1 Amer. Phil. Trans. T. II. p. 196.

2 Elements of nat. and exper. Phil. T. III. p. 449.

3 Mém. de la Soc. Linn. T. IV. p. 462.

4 Edinb. Journ. of Sc. No. IX. p. 75.

5 Dublin Phil. Journ. T. V. p. 419. Daraus in Edinb. Journ. of Sc. No. XII. p. 384.

6 Iceland. Edinb. 1819. p. 277.

7 G. LXVII. 336.

8 Esthland und die Esthen. Gotha 1802. S. 54.

Digitized by Google

dieses Getöse oft in Esthland, nach Billings[1] im nördlichen Ruſsland, Capt. Abrahamson[2] bringt mehrere Bestätigungen der Thatsache durch Ohrenzeugen bei, Edmonstone[3] bezieht sich deswegen auf die Aussagen von Schiffern, welche unter 63° 30′ N. B. das Brausen der Nordlichter hörten, Biot[4] hat es zwar bei seinem Aufenthalte auf Unst nicht selbst gehört, nimmt aber die Wirklichkeit eines solchen Brausens nach vielen Aussagen der Bewohner jener Inseln in Schutz, Dunbar[5] will es während seines sechsjährigen Aufenthalts auf den Hebriden mehr als funfzigmal mit eigenen Ohren gehört haben, Hansteen[6] glaubt an die Existenz jenes Geräusches, und nach Beobachtungen in Grönland soll es dort häufig wahrgenommen werden[7]. Ein gewichtiges Zeugniſs scheint ferner die Versicherung zu seyn[8], daſs man bei dem Nordlichte zu Rochester im August 1827 sehr deutlich Getöse (*reports*) wie von abgefeuertem grobem Geschütze gehört habe, wobei jedoch der Zusatz auffallen muſs, daſs diese Meteore in Nordamerica sonst nie von einem Getöse begleitet seyen. Hansteen hielt übrigens die Thatsache noch keineswegs für unzweifelhaft gewiſs und forderte daher auf, die noch nicht zur öffentlichen Kenntniſs gekommenen Erfahrungen bekannt zu machen. In Folge dessen erzählt der Landphysicus Dr. Munck[9], daſs er zu Stacangar in den Jahren 1798 bis 1804 viele Nordlichter gesehen, aber nie ein Geräusch dabei wahrgenommen habe, später von 1806 bis 1817 in Friedrichstadt habe er sie seltener beobachtet und glaube bei einem vorzüglich starken allerdings einmal ein Geräusch gehört zu haben. Mit Bestimmtheit erinnere er sich jedoch an folgende Thatsache. Im Jahre 1818 ging er in der

---

1 Reise nach den nördlichen Gegenden von Ruſsland. Berlin 1807. S. 70.

2 Schweigger's Journ. N. F. XV. S. 90.

3 Phil. Trans. 1784.

4 G. LXVII. 31.

5 Edinburgh Journal of natural and geographical Science. N. S. No. IV. p. 226.

6 Schweigger's Journ. N. R. XV. S. 91. XVI. S. 203.

7 Tidsskrift for Naturvidenskaberne; udgivet af H. C. Oerstedt, J. W. Hornemann, J. Reinhardt. Heft 9.

8 Sillimann Amer. Journ. of Science. XIV. p. 91.

9 Magazin for Naturvidenskaberne. 1825. Heft 3. p. 159. Daraus in Schweigg. Journ. N. R. XXII. S. 308.

Digitized by Google

Nähe von Skien spät Abends bei wolkigem Himmel und starker Dunkelheit, wurde dann durch seinen eigenen Schatten aufmerksam darauf, daſs dieser nicht durch den Mond erzeugt seyn könne, und als er sich daher nach der Ursache umsah, gewahrte er in N. O. ein starkes Nordlicht, aus dessen dunkelm Segmente sehr helle Strahlen emporschossen. Bei jedem Aufschieſsen dieser Strahlen hörte er deutlich ein Geräusch, als wenn Seidenzeug aufgerollt wird. Endlich versichert auch Hertzberg[1], in Ullensvang häufig bei Nordlichtern ein Geräusch gehört zu haben.

Diese Zeugnisse für die Existenz eines Geräusches bei Nordlichtern sind so zahlreich und so gewichtig, daſs es kaum möglich scheint, die Richtigkeit der Thatsache in Zweifel zu ziehen; um so viel mehr aber muſs es auffallen, wie gewichtig die Gründe sind, welche dieser Ansicht entgegenstehen und wovon ich die bedeutendsten gleichfalls mittheilen muſs. Vor allen Dingen eifert Patrin[2] gegen die Behauptung Gmelin's, die er als eine Folge von dessen Leichtgläubigkeit betrachtet. Auch Pallas habe über diesen seinen Hang zum Glauben an das Wunderbare gelacht und bei seinem sechsjährigen Aufenthalte in Sibirien kein Geräusch bei Nordlichtern wahrgenommen. Mairan erwähne bei seinen Untersuchungen über das Nordlicht ein solches Geräusch nicht, er selbst, nämlich Patrin, habe während der neun Jahre seines Aufenthalts an verschiedenen Orten in Sibirien viele sehr schöne Nordlichter gesehen und dabei mit vorzüglicher Aufmerksamkeit auf jenes angebliche Getöse gehorcht, aber nie das geringste Geräusch oder leiseste Knistern gehört. Nirgends gebe es mehr und lebhaftere Nordlichter, als in Grönland und Island, aber Egede habe sich 15 Jahre im ersteren Lande aufgehalten und Horrebow 116 Nordlichter in letzterem beobachtet, aber keiner von beiden erwähne ein solches begleitendes Geräusch. Auch John Steward sage nicht, daſs er selbst dasselbe gehört habe, sondern theile bloſs die darüber bestehende Volkssage mit. Auffallend ist es allerdings, daſs Braun in seinem oben (unter b) bereits mitgetheilten Verzeichnisse der von ihm selbst und Gmelin in Sibirien

1 Magazin for Naturvid. 1826. Hft. 1. p. 145. Daraus in Schweigger's J. a. a. O. S. 310.

2 Biblioth. Brit. XLV. 89. Daraus in G. XXXVII. 340.

beobachteten Nordlichter dieses Geräusch mit keiner Sylbe erwähnt. T. Bergmann[1] verwirft die Angabe von einem Brausen bei den Nordlichtern, L. von Buch[2] aber sagt ausdrücklich: „Ein Zischen, ein Brausen oder überhaupt nur das geringste Geräusch haben aufmerksame Beobachter weder in Nordland noch in Finmarken je dabei bemerkt. Ich habe danach viele bis zum Nordcap hin befragt, allein sie versicherten einstimmig, daſs sie nur stille Nordlichter kennten und nie etwas von Geräusch dabei erfahren hätten.“ Eben so sagt auch Hausmann[3] bestimmt, daſs er bei dem groſsen Nordlichte am 26. März 1807 in Norwegen unter 62° 30′ N. B. das vorgebliche Geräusch nicht gehört habe. Dobbie[4] behauptet viele Nordlichter gesehen und dabei auf das vorgebliche Geräusch geachtet, dasselbe aber nie wahrgenommen zu haben, weswegen er glaubt, daſs diejenigen, die davon erzählen, nur dasjenige wiedergeben, was sie aus falschen Traditionen entnahmen, oder daſs sie durch andere begleitende Erscheinungen getäuscht wurden. Zur Unterstützung dieser Meinung führt er das nämliche Argument an, auf welches sich auch Patrin beruft, nämlich daſs die Nordlichter so hoch und in so sehr verdünnter Luft sich befinden sollen, daſs unmöglich von dort her auch der stärkste Schall zum Ohre des Beobachters gelangen, ja überhaupt daselbst nicht erzeugt werden könne.

Wenn schon diese Argumente den Glauben an die behauptete Erscheinung wankend zu machen vermögen, so muſs dieses noch mehr durch viele andere geschehen, welche rücksichtlich der örtlichen Verhältnisse und der Genauigkeit der Beobachtungen vom gröſsten Gewichte sind. Baron v. Wrangel[5] und Capitain v. Anjou, welche mehrere Jahre die Nordlichter unter den höchsten je im sibirischen Polarmeere erreichten Breiten beobachteten, hörten nie weder ein Krachen, noch auch überhaupt ein Geräusch, und nur dann, wenn sie ungewöhnlich stark waren, glaubte ersterer ein schwaches Blasen, wie das des Windes in eine Flamme, wahrzunehmen. Thienemann[6] hörte

1 Opp. phys. et chem. T. V. p. 297.
2 Reise durch Norwegen. Th. I. S. 361.
3 Reise durch Scand. Th. V. S. 260.
4 Tilloch's Phil. Mag. 1820.
5 Physikalische Beobachtungen u. s. w. S. 57.
6 G. LXXV. 65. Edinb. Phil. Journ. No. XX. p. 366.

bei den vielen von ihm auf Island geſehenen Nordlichtern nie ein Geräuſch, auch ſagten ihm ſolche, die mehrere Jahre auf jener Inſel verlebt hatten, daſs ſie nie etwas der Art gehört hätten, weswegen er die Exiſtenz eines ſolchen Geräuſches gänzlich in Abrede ſtellt; ebenſowenig hörte Keilhau[1] bei den vielen von ihm in Finmarken beobachteten Nordlichtern jemals ſelbſt ein Geräuſch, auch leugneten die meiſten Einwohner deſſen Exiſtenz, wenn gleich viele daſſelbe gehört haben wollten. Parry[2] und ſeine Begleiter horchten während ihres Winteraufenthalts im Hafen der Inſel Melville auf das Geräuſch, welches die Nordlichter begleiten ſoll, konnten aber nie eine Spur deſſelben wahrnehmen, und eben ſo verſichern dieſelben, daſs ſie zu Port Bowen eine gleiche Aufmerkſamkeit darauf verwandt, aber ein gleiches verneinendes Reſultat erhalten hätten[3].

Man könnte gegen alle dieſe Zeugniſſe einwenden, daſs die Beobachter insgeſammt von dem eigentlichen Sitze der Nordlichter entfernt waren, obgleich dieſes Argument auch diejenigen treffen würde, die für die Exiſtenz des Geräuſches zeugen. Um ſo gewichtiger aber ſind die Erfahrungen der Engländer bei ihrer Unterſuchung der Nordküſten America's. Hood[4] hörte in Cumberland-Houſe bei allen den vielen von ihm geſehenen Nordlichtern nie das mindeſte Geräuſch, ſetzt aber hinzu, die Sage hiervon ſey ſo allgemein, daſs man ſie unmöglich bezweifeln könne. Faſt wörtlich ſo äuſsert ſich Franklin[5], mit dem Zuſatze, daſs auf jeden Fall das Geräuſch ſehr ſelten ſeyn müſſe, da er bei 200 von ihm ſelbſt beobachteten Nordlichtern daſſelbe nie gehört habe. Richardson[6], welcher ſein eigenes verneinendes Urtheil auf eine gleich groſse Anzahl von Beobachtungen gründet, findet ſich dennoch durch das einſtimmige Zeugniſs der Crees, der Kupferindianer, der Esquimaux und der früheren Reſidenten jener Gegenden bewogen, die Exiſtenz dieſes Geräuſches in einigen Fällen anzunehmen. Später ſcheint übrigens Franklin[7] in ſeine eigenen Beobachtungen ein grö-

1 G. XC. 621.
2 Zweite Reiſe zur Entdeckung u. ſ. w. S. 230.
3 Journal of a third Voy. p. 63.
4 Narrative of a Journey cet. p. 543.
5 Ebend. p. 553.
6 Ebend. p. 599.
7 Narrative of a ſecond Exped. App. VII.

Digitized by Google

ſseres und definitiv entscheidendes Vertrauen gesetzt zu haben, indem er erwähnt, daſs er bei 343 am Bärensee beobachteten Nordlichtern ungeachtet der gröſsten Aufmerksamkeit nie ein Geräusch gehört habe. Eine sehr wichtige Auskunft über das ganze Phänomen aber wird durch Hood[1] mitgetheilt. Dieser hörte wirklich bei einem Nordlichte am 11. März 1821 zu Fort Enterprise wiederholt ein Geräusch, wie von schnell bewegten Flintenkugeln, wurde aber durch einen gewissen Wetzel belehrt, daſs dasselbe eine Folge der Zusammenziehung des Eises und der harten Schneekruste bei der eingetretenen strengen Kälte nach vorausgegangener milderer Witterung sey. Wirklich stand das Thermometer damals auf — 35° F. und war die Tage vorher über dem Nullpuncte jener Scale gewesen. Am nächsten Morgen sank die Temperatur auf — 42° F. und das Geräusch wurde gleichfalls ohne Nordlicht gehört und stimmte genau mit der Beschreibung überein, welche Hearne davon mittheilt. Auch Hansteen[2] ist keineswegs der Meinung, daſs bei jedem Nordlichte ein Geräusch gehört werden müsse, vielmehr meint er, daſs nur diejenigen Beobachter dasselbe zuweilen wahrnehmen könnten, die sich mitten in den Strahlen desselben befänden, weil es zu schwach sey, um in einiger gröſserer Entfernung vernommen zu werden. Will man indeſs hiergegen auch nicht geltend machen, daſs in einigen Fällen zwar nur ein Rauschen, wie von gährenden Stoffen, ein Zischen, ein Knistern, in andern dagegen ein wirkliches Krachen gehört worden seyn soll, so daſs die ungleiche Stärke des Getöses auch auf verschiedene Entfernungen wahrnehmbar seyn müſste, so muſs es auf jeden Fall befremdend scheinen, daſs bei dem groſsen, an so vielen Orten beobachteten Nordlichte am 7. Januar 1831 nirgends eine Spur dieses Geräusches wahrgenommen wurde, und die ganze Sache muſs im höchsten Grade unwahrscheinlich werden, wenn die Meteore von solcher Gröſse nirgends eine Spur des allerdings problematischen Getöses geben. Namentlich hatte damals der Nordlichtbogen in Christiansand nur etwas über 11° Abstand vom Zenith, die Lichtstrahlen waren ebensoweit am südlichen, als am nördlichen Horizonte sichtbar

1 Narrative of a Journey cet. p. 585.
2 Phil. Mag. and Ann. T. II. p. 340.

Digitized by Google

und bei der Stärke und anhaltenden Dauer derselben hätte nothwendig dieses Geräusch wahrnehmbar seyn müssen.

Bei so gewichtigen, einander geradezu entgegengesetzten Autoritäten ist es allerdings sehr schwer, ein entscheidendes Urtheil zu fällen. Betrachtet man die Sache im Allgemeinen, so haben allerdings die Vertheidiger des Geräusches insofern etwas für sich, als sie sagen können, es werde ja nicht behauptet, daſs jedes Nordlicht von einem Getöse begleitet seyn müsse, dennoch aber könne es allerdings dann stattgefunden haben, wenn die Beobachter dasselbe wahrnahmen. Im Grunde ist dieses die Meinung Arago's[1], wenn er sagt, die affirmirenden Behauptungen hätten auf jeden Fall ein Uebergewicht über die negirenden, insofern niemand eigentlich behaupten kann, eine Sache existire nicht, weil er und andere sie nicht wahrgenommen hätten. So richtig dieser Satz übrigens an sich ist, so darf dennoch im vorliegenden Falle nicht übersehen werden, daſs das Geräusch kein zufälliges, das Nordlicht begleitendes Phänomen seyn soll, sondern mit ihm in einen ursächlichen Zusammenhang gesetzt wird, mithin auch unter den erforderlichen Bedingungen nicht fehlen sollte. Es sind aber nach den aufgezählten Zeugnissen Nordlichter in so überwiegend groſser Zahl und unter den denkbar günstigsten Umständen von den aufmerksamsten Beobachtern mit vorzüglicher Rücksicht auf das begleitende Geräusch gesehen worden, ohne dasselbe zugleich wahrzunehmen, daſs hiernach unmöglich ein Causalnexus zwischen beiden angenommen werden kann, und so würde also nichts weiter als ein zufälliges Zusammentreffen beider Erscheinungen übrig bleiben, worauf noch auſserdem die angegebene Beobachtung von Hood führt, wonach das wahrgenommene Getöse durch das Zusammenziehen des Eises verursacht wurde.

Wenn ich alles dieses zusammennehme, so scheint mir über diesen fraglichen Punct folgende Entscheidung die richtige zu seyn. Die Aussagen Gmelin's und der Grönlandsfahrer von einem heftigen Krachen sind als übertriebene und unbegründete Angaben gänzlich in das Gebiet der Fabeln zu verweisen. Auf gleiche Weise beruhen eine Menge von Wahrnehmungen des begleitenden Geräusches insofern auf einem Irrthume, als man das Zusammenziehen des Eises und der harten Schneekruste

1 Ann. Ch. Phys. XXXIX. p. 414.

Digitized by Google

durch veränderte Temperatur, das Berſten und Zuſammenſtoſsen des Eiſes auf benachbarten Meeren, mitunter auch das Brauſen des Windes in höheren Regionen deswegen dem Nordlichte zuſchrieb, weil beide Erſcheinungen zufällig zuſammentrafen. Zugleich wird aber aus der zunächſt folgenden Unterſuchung hervorgehen, daſs zwar kein beſtändiger und nothwendiger Zuſammenhang zwiſchen dem Nordlichte und der Witterung ſtattfindet, daſs aber beide dennoch allerdings in einer gewiſſen urſächlichen Verbindung ſtehen, woraus leicht eine Luftbewegung in den obern Regionen und das daſelbſt nicht ſelten ſtattfindende Brauſen gleichzeitig mit dem Nordlichte bedingt werden kann. Sollte ſich aber endlich nachweiſen laſſen, daſs das Nordlicht ein elektriſches Meteor ſey, ſo könnte daſſelbe ſich in der Regel immerhin bloſs als leuchtend zeigen, in einigen Fällen würde aber allerdings auch ein ſolches Getöſe ſtattfinden können, wie die überſtrömende Elektricität auch ſonſt wohl zu zeigen pflegt, worauf verſchiedene der angegebenen Ausſagen beſtimmt deuten. So möchte ich namentlich das im Auguſt 1827 zu Rocheſter gehörte Getöſe für entfernte donnerartige Exploſionen und den beobachteten Nordlichtſchein für ein anhaltendes Wetterleuchten halten, um ſo mehr, als auch am 23. Aug. 1821 zu Belleville in Invernefs-Shire ein Nordlicht als ein Theil des zugleich beobachteten Gewitters wahrgenommen wurde [1].

f) Zuſammenhang mit der Witterung.

Wenn von einem Zuſammenhange der Nordlichter mit der Witterung geredet wird, ſo verſteht man darunter in der Regel nur denjenigen, welcher zwiſchen dieſen Meteoren und den auf ſie folgenden Wetterveränderungen ſtattfinden möchte, weniger dagegen hat man bisher die Frage berückſichtigt, ob die Nordlichter durch eine gewiſſe Witterungsdispoſition voraus verkündigt werden, und noch weniger, ob ſie in der Regel von einer gewiſſen eigenthümlichen Beſchaffenheit der Atmoſphäre begleitet ſind. Man hat die beiden letzteren Fragen ſtets als unbedeutend vernachläſsigt, indem vorausgeſetzt wird, daſs die Nordlichter bei jeder Witterungsdispoſition erſcheinen können, durch die Trübung des Himmels aber unſichtbar werden und

1 G. LXXV. 86.

auf jeden Fall an den Beobachtungsorten eine sehr heitere und klare Atmosphäre voraussetzen. Inzwischen scheint mir aus sehr zahlreichen Beobachtungen hervorzugehen, daſs gerade Letzteres nicht der Fall ist, und ich werde daher diese Frage einer besondern Untersuchung unterwerfen, wenn ich zuvor nachgewiesen habe, daſs die Nordlichter wahrscheinlich nicht ganz ohne Beziehung auf die nachfolgende Witterung sind.

Von den frühesten bis auf die neuesten Zeiten widersprechen sich die Aussagen über die Wetterveränderungen, welche die Nordlichter nach sich ziehen. Nach Christ. Wolf[1] will Olaus Römer von den Bewohnern derjenigen Gegenden, in denen die Nordlichter häufig vorkommen, gehört haben, daſs groſse Kälte auf dieselben folge, wenn sie sich vor dem Winter zeigen, im Frühlinge dagegen sollen sie einen trocknen Sommer verkündigen; er selbst aber ziehe diese Erfahrung in Zweifel. Bergmann[2] findet keinen Zusammenhang zwischen den Nordlichtern und der Witterung, aus einer Vergleichung der älteren, namentlich in Frankreich durch Gassendi, Maraldi, Lemonnier, Godin, Mairan und andere beobachteten Verhältnisse der Witterung zu den Nordlichtern ging kein anderes, als ein verneinendes Resultat hervor[3], auch sagt Sertorius[4] ausdrücklich, daſs zwischen beiden gar kein Zusammenhang stattfinde; Hell[5] dagegen glaubte wahrgenommen zu haben, daſs sie Kälte verkündigten, und Patrin[6] meint, sie zeigten sich nur bei groſser Kälte von etwa — 20° bis — 30° R., eine Behauptung, welche vielleicht für Sibirien paſst, in Beziehung auf andere Orte, namentlich unter niederen Breiten, und auf die in den wärmeren Jahreszeiten erscheinenden Nordlichter aber durch die gemeinsten Erfahrungen widerlegt wird. Nach Winn[7] folgen auf die Nordlichter jederzeit westliche oder südwestliche Stürme, auch Wolken und Regen, ja er behauptet, dieses sey innerhalb 24 bis 30 Stunden allezeit der Fall, denn

---

1 Gedanken über das ungewöhnliche Phänomen u. s. w. Halle 1716. 4. S. 29.

2 Schwed. Abhandl. Th. XXVI. S. 269.

3 Encyclop. meth. T. I. p. 356.

4 Dissert. de aurora boreali. p. 7.

5 Encyclop. meth. a. a. O.

6 Bibl. Brit. XLV. p. 89.

7 Phil. Trans. 1774. T. LXXIII.

Digitized by Google

seitdem er angefangen habe, darauf zu achten, sey der Erfolg 23mal nach einander stets derselbe geblieben. L. v. Buch[1] hörte von einem gewissen Schytte, die niedrigen Nordlichter seyen Vorläufer von heiterem Wetter, hohe, bewegte, strahlende und flackernde dagegen Vorboten von Stürmen; jedoch zweifelt er selbst an der Richtigkeit dieser Behauptung. Auf das von Hausmann am 26. März 1807 gesehene Nordlicht folgte Sturm, welchen er einen sehr gewöhnlichen Nachfolger dieser Meteore nennt[2]; inzwischen könnte man diese einzelne Erfahrung dem bloſsen Zufalle zuschreiben. Aber auch Scoresby[3] hörte von einem der Lerwick Lootsen, daſs auf die ruhig am Horizonte verweilenden Nordlichter heiterer Frost folge, auf die glänzenden, nach S. W. sich ausdehnenden Sturmwind aus jener Gegend; je höher sie ferner zum Zenith aufschössen und je glänzendere Farben sie zeigten, desto heftiger sey auch der auf sie folgende Sturm. Die erste und letzte Bemerkung fand Scoresby durch wiederholte Erfahrungen bestätigt, über die mittleren getraut er sich aber nicht zu entscheiden. Baron v. Wrangel[4] erfuhr von den Bewohnern der Nordküste Sibiriens, daſs auf die Nordlichter Wind von derjenigen Seite her folge, wo sie sichtbar wären, fand dieses aber selbst nicht bestätigt. Dagegen sagt Farquharson[5], daſs westliche oder südwestliche Stürme das Meteor begleiten oder darauf folgen; eben so berichtet Steward[6] von der St. Lorenz-Bucht, daſs die Nordlichter dort Südwind und Regen verkündigen, und de la Pilaye[7] von Terre-Neuve, daſs man dort am zweiten Tage nach einem starken Nordlichte sicher auf Sturm rechnen könne. Wichtiger noch ist das Zeugniſs Herzberg's[8], welcher aus Ullensvang berichtet, er habe gehört, daſs starke Nordlichter Kälte verkündeten, die ruhigen dagegen das Fortbestehen des herrschenden Wetters, wie dasselbe auch seyn möge, daſs auf stark

---

1 Reisen. Th. I. S. 361.
2 Reise durch Scand. Th. I. S. 260.
3 Account of the Arct. Reg. cet. T. I. p. 418.
4 Physikalische Beobacht. S. 59.
5 Phil. Trans. 1829. p. 117.
6 G. LXVII. 36.
7 Mém. de la Soc. Linn. T. IV. p. 462.
8 Magazin for Naturvidens. 1826. Heft 1. p. 145. Daraus in Schweigg. Journ. N. R. XXII. S. 310.

Digitized by Google

flackernde aber Wind folge, wie er aus eigener Erfahrung gleichfalls entnommen habe. Aus einer Zusammenstellung von 25 Nordlichtern, welche von ihm selbst während 27 Jahren beobachtet worden waren, ergiebt sich, daſs auf 11 keine Kälte folgte, bei 14 aber das Thermometer unter dem Gefrierpuncte stand oder Kälte darauf folgte; war aber das Nordlicht stark und erstreckte es sich bis südlich vom Zenith, so folgte schlechtes Wetter und Wind. Endlich sagt Henderson[1], die Einwohner Islands betrachteten die starken, flackernden Nordlichter als sichere Vorboten von Stürmen, und nach seiner eigenen Erfahrung traten auch wirklich plötzliche Windstöſse oder Sturm aus Norden sicher binnen 24 Stunden ein; Thienemann[2] dagegen sucht aus der Zusammenstellung einer groſsen Menge durch ihn selbst beobachteter Nordlichter und der gleichzeitigen Wetterveränderungen den aufgestellten Satz zu beweisen, daſs beide in gar keinem Zusammenhange stehen, allein unter 20 von ihm angegebenen Nordlichtern folgten auf 8 wässerige Niederschläge, auf 11 südlicher Wind und bei 12 wird eine Aenderung in der Richtung des Windes angemerkt, welche Thatsachen eher das Gegentheil der aufgestellten Behauptung andeuten, als dieselbe unterstützen.

Es ist allerdings schwierig, aus diesen verschiedenen und zum Theil sich widersprechenden Angaben ein genügendes Resultat aufzufinden, inzwischen scheint mir folgendes mit ziemlicher Sicherheit daraus hervorzugehen. Es findet allerdings kein so nothwendiger Zusammenhang zwischen den Nordlichtern und einer bestimmt bestehenden oder sich verändernden Witterung statt, daſs beide allezeit oder bei weitem in den meisten Fällen durch einander bedingt würden, allein dennoch läſst sich ein in den meisten Fällen nachweisbares Verhältniſs beider nicht wohl verkennen, indem auf die Mehrzahl der Nordlichter Wind oder vorzüglich eine Veränderung in der Richtung desselben zu folgen pflegt. Diese Folge scheint mir indeſs nicht sowohl eine Wirkung des Nordlichts zu seyn, als vielmehr auf einer gemeinschaftlichen Verbindung beider zu beruhn. Allerdings kann nämlich das Nordlicht nur dann sichtbar seyn, wenn der Himmel im Allgemeinen nicht mit dicken

1 Iceland. Edinb. 1819. p. 277.
2 G. LXXV. 61.

Digitized by Google

Wolken bedeckt ist, indem es von dieser Regel keine oder nur sehr seltene Ausnahmen giebt, allein die sehr allgemein herrschende Ansicht, daſs die Stellen, welche die Theile dieses Meteors einnehmen, eine gänzliche Abwesenheit selbst der feinsten Wölkchen und alles leichten Dunstes in der Atmosphäre voraussetzen, ist so wenig begründet, daſs vielmehr die Anwesenheit der letztern als regelmäſsig stattfindende, wo nicht als nothwendige Bedingung zu betrachten scheint. Zwar nimmt man die vorhandenen feinen Wölkchen nur selten oder fast gar nicht wahr, eben weil sie durch das Nordlicht erleuchtet dem Auge sich entziehn oder einen Theil des Meteors auszumachen scheinen, allein dieses beweist nichts gegen ihre Existenz und geht es hiermit ungefähr eben so, als bei einem andern bekannten Phänomene, nämlich daſs das sehr wohl kenntliche feine Gewölk am Himmel so lange sehr verdünnt oder ganz verschwunden zu seyn scheint, als es sich vor der stark leuchtenden Scheibe des Mondes befindet. Ich werde diesen nach meiner Ansicht sehr wesentlichen Satz nur durch wenige, aber desto gewichtigere Zeugnisse unterstützen.

Es kann bei dieser Untersuchung von keiner groſsen Bedeutung seyn, nachzuweisen, daſs das Nordlicht an verschiedenen Orten, z. B. namentlich in Petersburg, in Schweden, in England u. s. w., gesehn wurde, während nach der Aussage der Beobachter gleichzeitig Gewölk am Himmel war, denn es müſste dieses wohl als etwas Zufälliges betrachtet werden und lieſse sich dagegen anführen, daſs so oft eben dort und auch unter niedrigern Breiten diese Meteore sich bei heiterer, ja dem Anscheine und dem Zeugnisse der Beobachter nach bei ganz reiner Atmosphäre zeigten; allein an denjenigen Orten, wo sie so zahlreich und fast täglich erscheinen, kann eine solche vollkommene Heiterkeit des Himmels schon dieser Menge wegen nicht allezeit stattfinden. Auſserdem aber erzählt FRANKLIN[1] ausdrücklich, daſs sie zu Fort Enterprise unter 64° 30′ N. B. oft bei dunstigem (*hazy*) Himmel entstehn, namentlich aber war am 13. Febr. 1821 der Himmel so bedeckt, daſs kein Stern gesehn und bloſs die Ränder des Mondes (am 4ten Tage vor Vollmond) undeutlich wahrgenommen wurden, dennoch aber zeigte sich das Nordlicht vorzüglich glänzend. Wichtiger noch

1 Narrative of a Journey p. 559.

Digitized by Google

für den vorliegenden Zweck ist die Bemerkung eben dieses genauen Beobachters[1], daſs die Wolken am Tage zuweilen die Form der Nordlichter annahmen, weswegen er sich geneigt fühlt, die Bildung dieser Wolken mit der gleichzeitig wahrgenommenen Abweichung der Magnetnadel in Verbindung zu bringen. Er setzt dann hinzu, daſs er anfangs die Idee gehabt habe, auf die sehr lebhaften Nordlichter folge Sturm, aber seine ausgedehnten Beobachtungen zu Fort Enterprise hätten ihn von dieser Meinung zurückgebracht, obgleich die Einwohner jener Gegend aussagten, das Nordlicht habe einen entscheidenden Einfluſs auf die Witterung des folgenden Tages, indem namentlich die hellen und sehr beweglichen Wind verkündigten, die ruhigen und weit ausgebreiteten aber gelindes Wetter. Hood[2] konnte nach seinen genauen Beobachtungen zu Cumberland-House und Fort Enterprise keinen Einfluſs der Nordlichter auf die Witterung zugestehn, dagegen aber glaubt er, daſs die Art des Wetters und die Beschaffenheit der Atmosphäre einen Einfluſs auf diese Meteore ausüben müsse, wie auch nothwendig folge, wenn man den Sitz derselben in nicht beträchtlicher Höhe über der Erde annehme. Hiermit stimmt das Zeugniſs Richardson's[3] genau überein, welcher einräumt, daſs die Beobachtungen der die Expedition mitmachenden Reisenden zu Fort Enterprise nicht lange genug fortgesetzt wurden, um die Meinung der dortigen Einwohner mit Sicherheit zu bestätigen oder zu widerlegen. So viel glaubt er jedoch aus dem, was er so oft mit gröſster Genauigkeit wahrgenommen habe, als gewiſs versichern zu können, daſs das Nordlicht stets von solchen feinen Cirro-Stratus-Wolken begleitet sey oder ihnen vorhergehe, welche tief in der Atmosphäre herabkommend dem obern Theile des Himmels ein dunstiges (milchiges, *hazy)* Ansehen geben, tiefer nach dem Horizonte herab aber eine Art Nebelbank bilden[4]. Am lebhaftesten war das Nordlicht, wenn

---

1 Narrative of a Journey p. 552.

2 Ebend. p. 543 und 585.

3 Ebend. p. 596.

4 Richardson, Hood und Franklin kannten das Nordlicht hauptsächlich aus der Beschreibung Dalton's in Rees's Cyclopaedia, wie ersterer ausdrücklich bemerkt, und muſsten bei der hohen Achtung, worin dieser geistreiche Naturforscher in England steht, im Voraus geneigt seyn, dessen Meinungen bestätigt zu finden; ihre Beobach-

Digitized by Google

diese Wölkchen nicht Dichtigkeit genug hatten, um für sich wahrgenommen zu werden, sondern bloſs durch einen Hof um

---

tungen verdienen daher in allen denjenigen Puncten vorzügliche Beachtung, in denen sie von jenem abweichen. Auſserdem sahen sie das Nordlicht sehr häufig, hatten hinlängliche Zeit und betrachteten es als einen der Hauptzwecke ihrer Reise, dieselben genau zu erforschen, wozu noch obendrein kommt, daſs jene Orte unter die hierzu geeignetsten auf der ganzen Erde gehören. Endlich controlirten sie sich gegenseitig, und da sie namentlich in Beziehung auf den Zusammenhang der feinen Wolken und der Nordlichter mit demjenigen übereinstimmen, was v. Wrangel an einem gleichfalls sehr günstigen Orte wahrgenommen zu haben versichert, so scheinen mir alle diese Umstände wichtig genug, einen Auszug aus dem ausführlichen Berichte Richardson's über das Nordlicht am 18. Dec. 1820 mitzutheilen. Das Thermometer stand um Mitternacht auf — 37° F. und der leichte Wind wechselte schnell zwischen S. W. und W. Bis 11 Uhr 30 Min. war der Himmel völlig klar und alle Sterne schienen hell, dann aber wurde er mit denjenigen Wolken überzogen, welche die Schiffer silberweiſs und blau gestreift (*mackevel sky*) nennen, vermischt mit kleinen Theilen der sogenannten Pferdeschweife (*mares tails*), beide am übrigens blauen Himmel zerstreut. Beide Wolkenarten waren nicht dick genug, um die gröſseren Sterne gänzlich zu verbergen, verbreiteten sich aber in weniger als 15 Min. über den ganzen Himmel. Bei aufmerksamer Beobachtung sah man, daſs die erstere Classe von Wolken von ihren runderen Theilen Streifen quer durch die blauen Zwischenräume nach den gleichartigen Wolken sendeten, um sich mit ihnen zu vereinigen. In dem Augenblicke der Verbindung wurde ein gelbes, ins Röthliche spielendes Licht in der Mitte der Wolken frei, welches mit verminderter Helligkeit sich bis zu den Rändern verbreitete; kaum aber konnte diese Beobachtung aufgezeichnet werden, als ein Lichtbogen, durch das Zenith gehend und mit beiden Schenkeln in O. und W. 50° vom Horizonte entfernt, gesehen wurde. Er war 3 bis 4° breit, von blaſs goldgelber Farbe, und als er aufgehört hatte Licht auszusenden, wurde seine Stelle durch eine Lage kleiner flockiger Wolken, etwas dichter als die beschriebenen, eingenommen. Der Mond im Süden beschien diese, aber sie waren zu dünn, um eine dunkle Seite zu zeigen. Eine Viertelstunde später erhob sich eine etwas rundere Wolkenmasse in S. O., aus welcher in 8 bis 10° Höhe mehrere horizontale, etwas gekrümmte Lichtstrahlen hervorschossen. Im Ganzen schienen die Wolken von beiden Seiten des Horizontes, wo ihre untern Puncte mit dem magnetischen Meridiane rechte Winkel bildeten, zu convergiren, während die silberweiſsen Flocken sich im Zenith erhielten. Um Mitternacht wurden die Wölkchen etwas dicker, warfen das Mondlicht stark zurück, wurden aber unsichtbar, wenn sie vor diesem Himmelskörper vorbeigingen. Gleich nach Mitternacht wurde der

den Mond oder durch das von ihnen reflectirte Licht dieses Himmelskörpers sichtbar wurden. Das Nordlicht könne also mittelbar und insofern diese Wolkenart als Vorzeichen der Witterung diene, gleichfalls dafür gelten. Hiermit in Verbindung steht dann auch das bemerkenswerthe Ereigniſs, daſs am 26. Nov. der Himmel während der ganzen Dauer des Nordlichts vollkommen klar schien, dennoch aber ein feiner Schnee fiel, dessen einzelne Theilchen mit unbewaffneten Augen nicht bemerkbar waren und bloſs dann sichtbar wurden, wenn sie auf der Haut schmolzen, ein Phänomen, welches sich nachher mehrmals erneuerte [1]. Auch während der zweiten Reise an den Nordküsten America's in der Gegend des Bärensees und des Fort Franklin machten die nämlichen Reisenden die Bemerkung, daſs das Erscheinen der Nordlichter mit der Anwesenheit feiner Wölkchen am Himmel verbunden zu seyn pflegt [2]. Sie sagen nämlich bestimmt, die Nordlichter seyen nicht bloſs lebhafter und von einem stärkeren Einflusse auf die Magnetnadel, wenn feine Wölkchen am Himmel sind, sondern schienen auch aus diesen Wolken zu kommen, wenn gleich der übrige Theil der Atmosphäre sich als vollkommen klar zeigte. Zugleich wird bemerkt, daſs sie lebhafter waren bei niedriger Temperatur, als bei milder

---

nördliche Theil des Himmels völlig klar und war scharf begrenzt durch die Enden der von N. nach S. sich erstreckenden Wolken, welche mit den Zwischenräumen des blauen Himmels einen von O. nach W. sich erstreckenden Bogen bildeten. Um den Mond war in einem Abstande von 10° ein schwacher Hof, als an einer hellen Stelle des Himmels in S. W. plötzlich ein Fleck gelblich weiſsen Lichtes sichtbar wurde, an Helligkeit schnell zunahm und dann einen Lichtstrahl aussendete, welcher über den Rand des Wolkenbogens wegging, diesen erleuchtete und südlich vom Zenith endigte, so daſs er etwa einen halben, nach W. gekrümmten Bogen bildete, kaum vollendet aber zerfiel er in einzelne Theile, die nach und nach verschwanden, ohne die Gestalt der Wolken zu ändern, welche fortfuhren, sich südlich zu bewegen, so daſs der Himmel allmälig sich ganz hell zeigte. Unter den dickern Wolken schwebten einige sehr feine, welche wiederholt ein schwaches orangefarbenes Licht ausströmen lieſsen. Obgleich endlich die dickern Wolken sich am südlichen Himmel im Mondlichte sehr kenntlich anhäuften, konnte man dennoch die gröſsern Sterne deutlich hindurchsehn.

1 Narrative of a Journey cet. p. 600.

2 Narrative of a Second Expedition. App. VII.

Digitized by Google

Witterung, indem ein lebhaftes und farbiges ſelten wahrgenommen wurde, wenn das Thermometer über 0° F. ſtand.

Nicht bloſs den genannten Reiſenden verdanken wir die Kenntniſs dieſer hier zur Unterſuchung gebrachten Thatſache, auch iſt dieſelbe keineswegs ausſchlieſslich jenen Gegenden eigenthümlich, ſondern es koſtet durchaus keine Mühe, eine Menge anderer Zeugniſse aus den verſchiedenſten Orten aufzufinden, ſobald man dieſelben nur aufzuſuchen anfängt, ſo daſs ich bloſs einige der bedeutendſten mitzutheilen mir erlaube. Kraft[1] bemerkt in Folge ſeiner zahlreichen zu Petersburg angeſtellten Beobachtungen, daſs das Nordlicht keineswegs völlig heiteren Himmel erfordere, vielmehr oft am wolkigen erſcheine. Von dem Vorhandenſeyn ſolcher feiner Wolken redet Musschenbroek[2] und behauptet, daſs ſie oft das Nordlicht begleitend ſich von Norden nach Süden bewegten oder nach dem Verſchwinden deſſelben am Himmel ſichtbar wären, Bertholon[3] aber berichtet in Gemäſsheit zahlreicher eigener und fremder, insbeſondere älterer Beobachtungen, daſs das Nordlicht häufig von Wolken begleitet ſey, indem dieſe namentlich in gröſserer Menge und dichter aufgehäuft den ganzen Horizont zu umlagern und ſich von hier aus ſtets dünner werdend nach dem Zenith hinzuziehen pflegten. Vorzüglich wird dieſes Umſtandes bei der Beſchreibung ausgezeichnet leuchtender Nordlichter gedacht. Wargentin[4] theilt einen Bericht Gissler's mit, welcher im nördlichen Schweden die Erfahrung gemacht hatte, daſs in jenen Gegenden die Menſchen auf hohen Bergen oft von einem dem Nordlichte ähnlichen Nebel überfallen würden, ja daſs ein ſolcher weiſsgrauer, etwas ins Grünliche fallender, ſehr durchſichtiger Nebel von der Erde aufzuſteigen und ſich in ein Nordlicht zu verwandeln pflege. Dieſe allerdings höchſt auffallende Angabe kommt auf eine merkwürdige Weiſe mit einer andern ſehr gut begründeten überein. Als Blackader[5] nämlich am 16. Jan. 1827 zu Edinburg ein von N. W. heraufziehendes Nordlicht beobachtete, fand ſich nachher, daſs nach dieſer

1 Nov. Comm. Pet. T. III. p. 390.
2 Introd. §. 2493. Vergl. §. 2499.
3 Encyclop. meth. Art. Aurore bor.
4 Schwed. Abhandl. Th. XV. S. 86.
5 Edinb. Phil. Journ. N. Ser. N. VI. p. 342.

Gegend hin zu Ayrshire stürmisches Wetter mit Blitz und Donner stattgefunden hatte. Auch damals überzog sich der Himmel während des Meteors mit dünnem Gewölk, zwischen welchem er das Licht desselben wahrnahm, auch schien es selbst sehr niedrig zwischen diesen Wolken zu seyn.' Am 9. Sept. desselben Jahres sah man zu Canonmills nach Mittag, während der Wind eine westliche Richtung annahm, den nördlichen Himmel sich aufklären, indem die aufsteigenden Wolken einen Bogen bildeten, welcher sich mehr nach Norden hinzog und etwa 20° Höhe erreichte. Unter diesem verbreiteten sich sehr dünne Flockenwolken, aus denen ein schwaches Licht ausströmte und in eigentlichen Strahlen aufschoſs, die man um so mehr für nordlichtartig halten muſste, als dieses Meteor sich am Abend in seinem vollen Glanze zeigte. Die Beobachter waren geneigt, die Bewegungen der feinen Cirrus-Wölkchen mit denen der Nordlichtstrahlen in Verbindung zu setzen, auch folgte auf dieses, eben so wie auf ein früheres am 29. Aug., eine Veränderung des Windes und der Eintritt regnerischer Witterung[1]. Farquharson[2] zu Alford in Aberdeenshire schlieſst aus seinen zahlreichen Beobachtungen, daſs das Nordlicht in der Regel von feinen Wölkchen begleitet sey oder diese sich nach dem Erscheinen desselben erzeugen, eben so Thienemann[3] nach seinen auf Island gemachten Erfahrungen, ja dieser glaubt, daſs die in dem obersten Theile der Atmosphäre als Bogen, Streifen und Flocken sichtbaren Wolkenschichten den Nordlichtern zum Substrat dienen, und auch v. Wrangel[4] bemerkt, daſs die Nordlichtstrahlen, wenn sie bis ins Zenith kommen, in Gestalt leichter Wolken verschwanden, welche weiſslich blieben und oft am folgenden Tage noch sichtbar waren.

Es verlohnte sich kaum der Mühe, noch weitere Zeugnisse beizubringen, wäre es nicht, um die Gewiſsheit und Allgemeinheit der Sache mehr zu beurkunden. Gilbert[5] beobachtete, daſs einige Theile des Lichtbogens vorzüglich hell wurden, sich ablösten, aufwärts zogen und allmälig verschwanden; in der

1 Edinb. Phil. Journ. N. Ser. No. VI. p. 380.
2 Ebend. p. 392.
3 Edinb. Phil. Journ. XX. p. 366. G. LXXV. 61.
4 Physikalische Beobachtungen. S. 57.
5 Dessen Ann. XVIII. 256.

Gegend des Arkturs aber war das Nordlicht vorzüglich hell und eben dort standen einige feine Strichwolken, die den Stern zuweilen verdunkelten. Auch nach Dupin[1] war am 19. Sept. 1817 während des Nordlichts der Himmel nicht frei von Dünsten und am nördlichen Theile desselben stand eine kleine Wolke, an der die Lichtbündel wie an einer Klippe stehen blieben. Man hat auch oft bemerkt, daſs die an sich heitere Luſt bei Nordlichtern in schnellen Wechseln getrübt wird, welches Hansteen als wahrscheinliche Folge einer Verdichtung des vorhandenen Wasserdampfes betrachtet. In der That würde es, wie mir scheint, nicht zu viel behauptet seyn, wenn man annehmen wollte, daſs sich bei jedem Nordlichte einige dasselbe begleitende Wolken am Himmel zeigen oder leichte, nicht eigentlich trübende Dünste den Zustand der Atmosphäre modificiren, wie dieses auch dann der Fall ist, wenn die Fixsterne hellglänzend ungewöhnlich stark scintilliren. Hierzu berechtigt nicht sowohl die Menge der so eben erwähnten Thatsachen, als insbesondere ein Ueberblick der vielen Orte, woselbst bei dem groſsen Nordlichte am 7. Jan. 1831 die Anwesenheit solcher Wolken oder Dünste beobachtet wurde[2]. In Colberg endete das Nordlicht frühzeitig mit einer Verdunkelung des ganzen Himmels, zu Berlin erhoben sich manche Lichtparthieen in Gestalt sehr weiſser feiner Wolken und bewegten sich diesen ähnlich zum Zenith, in Leipzig zeigte sich schon am Nachmittage eine Nebensonne und die Sterne, durch ein Fernrohr gesehn, flackerten in Folge einer Trübung der Atmosphäre, v. Hoff fand, daſs der obere Rand des Lichtbogens etwas wolkenartig Verwaschenes hatte und ein abgesonderter Lichtfleck sich von einem lockern Wölkchen nicht unterscheiden lieſs, wie auch Kries wahrnahm, eben so redet Bischoff von einer sich bewegenden lichten Wolke, in Versailles wurde eine ähnliche Erscheinung gesehn, eben so in Gosport, ich selbst aber habe zu wiederholten Malen die schön roth erleuchteten, sehr zarten Wölkchen wahrgenommen und bin überzeugt, daſs noch viel mehrere Beobachter die einzeln sich langsam bewegenden rothen Massen für erleuchtete Wölkchen gehalten haben würden, wenn nicht ihre groſse Durchsichtigkeit davon abgehalten hätte, die

1 G. LXVII. 192.

2 Nach Poggendorff Ann. XXII. 434 ff.

Digitized by Google

aber durchaus nichts beweist, da bekanntlich auch das Mondlicht scheinbar ungeschwächt durch dieselben dringt, wenn sie hinlänglich fein sind. In Christiansand endlich war am Nachmittage ein glatteisender Nebel gefallen und während des Nordlichts standen dicke Wolken im Norden und Süden am Himmel. Am allermerkwürdigsten, wenn auch nicht einzig in seiner Art, ist das Nordlicht vom 23. Febr. 1805, welches Dalton, ein gewiſs sehr competenter Zeuge, beschreibt[1]. „Der Himmel," heiſst es, „war fast ganz mit dicken Wolken bedeckt, hauptsächlich im Süden, und es regnete etwas. An der Südseite des Meridians, ungefähr in 60° Höhe, wo die Wolken weniger dick zu seyn scheinen, erregte eine auffallende wankende (*vacillating*) Flamme die Aufmerksamkeit der Menschen auf der Straſse. Sie glänzte zuweilen so lebhaft, daſs man einen zum Horizonte herabgehenden Lichtstrom durch den dicksten Theil der Wolken hindurch sah, zu andern Zeiten aber wurde die ganze Südgegend wie durch einen Blitz erhellt. Das Licht erreichte das Zenith nicht, auch fehlte es an der Nordseite des Himmels, wo die Wolken gebrochen waren." Die nahe Verbindung, worin hiernach das Nordlicht mit dem Gewitter steht, wird durch die Ansicht Farquharson's[2], eines vieljährig emsigen Beobachters dieser Meteore, bestätigt. Dieser meint nämlich, daſs in der Gegend von Maray-Firth häufig ins Zenith gehende Lichtbogen gebildet werden, die vielleicht mit den in jener Gegend herrschenden westlichen Stürmen in Verbindung ständen, ja nach seinen länger fortgesetzten Beobachtungen hegt er sogar die Ansicht[3], daſs das Nordlicht ein durch die Bildung der Wolken und die wässerigen Niederschläge erzeugtes Phänomen sey. Es würde indeſs zu tief in die Theorie dieser Meteore führen, wenn ich mich hier auf etwas anderes als die Mittheilung der Thatsachen einlassen wollte.

Endlich muſs bei dieser Gelegenheit noch der Einfluſs des Windes auf das Nordlicht erwähnt werden. Die häufig vorkommenden Angaben, daſs einzelne Lichtwolken sich abgesondert und genau so am Himmel fortbewegt hätten, als gewöhn-

---

1 Nicholson Phil. Journ. T. X. p. 303. Daraus in G. XXIV. 366.
2 Phil. Trans. 1829. p. 118.
3 Ebend. 1830. p. 108.

Digitized by Google

liche vom Winde getriebene Wolken, deuten allerdings auf eine solche Urſache hin, man betrachtet dieſe Erſcheinungen aber als dem Nordlichte eigenthümlich zugehörige Lichtphänomene. Auf gleiche Weiſe könnte man wohl das Aufſteigen der Lichtbögen, die ſich mit ungleicher und ungleichförmiger Geſchwindigkeit von Norden nach Süden zum Zenith und durch daſſelbe bewegen, erklären, allein die bisherigen Beobachtungen entſcheiden hierüber keineswegs genügend. Nach Bory de St. Vincent[1] hat der Wind auf die Nordlichtſtrahlen gar keinen Einfluſs, weil ſie demſelben zuweilen entgegengehn; allein dieſes Argument wird durch die bekannten nach verſchiedenen Richtungen gehenden Luftſtrömungen in den ungleich hohen Schichten der Atmoſphäre unzuläſſig. Bei dem Nordlichte, welches Biot[2] am 27. Auguſt 1817 beobachtete, ſchien allerdings ein ſanfter N. W. Wind das Meteor nach S. O. zu bewegen. Auch v. Wrangel[3] ſah im Nov. 1822, daſs die Säulen eines Nordlichts bei mäſsigem N. O. Winde ſich gleichmäſsig nach S. W. bewegten. Mit ihrer Annäherung zum Zenith nahm ihre Geſchwindigkeit zu, ſo daſs ſie ihnen näher ſchienen, als die Wolken gewöhnlich zu ſeyn pflegen, was ſeiner Anſicht nach keine optiſche Täuſchung ſeyn konnte. Endlich berichtet auch Hood[4], daſs er am 27. April 1821 zu Fort Enterpriſe deutlich geſehn habe, wie der Wind eine Nordlichtſäule in 10 Minuten von N. O. b. O. nach S. trieb. Daſs der Wind hierbei wirkſam geweſen ſey, ſcheint ihm nicht zweifelhaft, vielmehr findet er es auffallend, daſs er dieſe Wirkung nicht ſchon früher erkannt habe, wovon er die Urſache jedoch darein ſetzt, daſs der meiſtens ſeitwärts gegen den Bogen gerichtete Wind auf deſſen Bewegung keinen bedeutenden Einfluſs haben konnte, damals aber, weil er in nördlicher Richtung wehte, mit der Bewegung des Nordlichtbogens zuſammenfiel, abgerechnet, daſs in dem angegebenen Falle das Meteor der Erde vorzüglich nahe gekommen ſeyn möge. Wenn übrigens zugeſtanden wird, daſs erleuchtete und insbeſondere mit röthlichem Lichte erleuchtete dünne Wölkchen einen Theil

---

1 G. XIX. 252.
2 Ebend. LXVII. 19.
3 Phyſikaliſche Beobachtungen u. ſ. w. S. 59.
4 Narrative of a Journey cet. p. 384.

Digitized by Google

der Nordlichtphänomene ausmachen, wie so eben mindestens höchst wahrscheinlich gemacht worden ist, so folgt schon hieraus ein gewisser Einfluſs des Windes auf diese Lichtparthieen nothwendig, künftige, diesen besondern Umstand besonders berücksichtigende Beobachtungen müssen jedoch entscheiden, wie weit derselbe mit Sicherheit anzunehmen sey.

Sternschnuppen sind zuweilen als zufällige Begleiter der Nordlichter wahrgenommen worden, Farquharson[1] aber meint, daſs sie sich dann häufiger zeigen, als sonst, und daſs ihre Bahnen in der Richtung der Nordlichtstrahlen liegen, also der Neigungsnadel parallel seyen, weswegen beide Meteore einander zuzugehören schienen. Allein diese Beobachtung steht unter den ausnehmend zahlreichen über die Nordlichtphänomene zu sehr isolirt und die Behauptung über die Richtung der Sternschnuppen widerspricht sogar genauen Messungen, namentlich von W. Brandes[2]. Noch ungleich wichtiger ist, was v. Wrangel[3] in dieser Beziehung sagt, nämlich: „wenn Sternschnuppen im Bezirke der Nordlichter erscheinen, so entzünden sich an der Stelle, wo dieselben durchgingen, sogleich Feuersäulen, die dann von ihrem Entstehungsorte sich seitwärts (mit dem Winde) bewegen, und es entstehen an ihrer Stelle andere Säulen und Strahlenbündel. Daſs demnach Sternschnuppen am Entzünden der Säulen im Nordlichte Antheil nehmen, ist oft von mir beobachtet worden.“ Auch hierbei möchte ich sagen, daſs diese einer Täuschung so leicht unterworfenen Thatsachen zu isolirt stehen, indem es unbegreiflich bleiben würde, warum kein anderer unter den übermäſsig zahlreichen Beobachtern jemals etwas Aehnliches wahrgenommen haben sollte. Im Ganzen hängt diese Thatsache mit der Theorie der Nordlichter innig zusammen und muſs daher dort nochmals näher erörtert werden.

g) Zusammenhang mit der Elektricität.

Man hat seit Canton sehr allgemein das Nordlicht für ein elektrisches Phänomen gehalten und war daher bemüht, die Anwesenheit einer ungewöhnlich groſsen Menge von Elektricität

---

1 Phil. Trans. 1830. p. 110.

2 Vergl. *Sternschnuppen.*

4 Physikalische Beobacht. S. 59.

in der Atmosphäre während der Dauer jener Meteore nachzuweisen; viele erhielten hierbei ein bejahendes, eben so viele ein verneinendes Resultat; die Geschichte dieser Forschungen zeigt, auf welchem mühsamen Wege man zu einiger sichern Entscheidung über diese Frage gelangte. Canton[1] selbst, welcher das Nordlicht aus einer Ueberströmung der Elektricität von einer positiv elektrischen zu einer negativen Wolke erklärte, stützte sich hierbei auf die Erfahrung, daſs er bei Nordlichtern vermittelst des Elektrometers eine weit gröſsere Menge Luftelektricität wahrgenommen habe, als sonst während der Nacht angetroffen werde. Winkler[2] war zwar Anhänger der durch Mairan aufgestellten Hypothese, glaubte jedoch an eine Erregung der Elektricität durch den Stoſs der Sonnenstrahlen gegen die Erdatmosphäre und führt einige hierauf bezügliche Erfahrungen an; Morozzo[3] versichert, bei dem von ihm am 29. Febr. 1780 zu Turin beobachteten Nordlichte das Elektrometer in steter Bewegung gesehn zu haben, indem sich dessen Korkkügelchen bis 5 Zolle von einander entfernten, wenn die Strahlen aufschossen, ja die Korkkügelchen sollen sogar diesen Strahlen entgegenkommend in die Höhe gehoben worden seyn; Boeckmann[4] behauptet, bei dem Nordlichte am 28. Juli 1783 starke Veränderungen an seinem Elektrophore wahrgenommen zu haben; auch Volta[5] fand bei einem Nordlichte die Luftelektricität vermittelst des Condensators stärker, und Brewster[6] endlich hörte von einem Bekannten, daſs während des Aufschieſsens starker Nordlichtstrahlen sich das Elmsfeuer auf der Kirchthurmspitze zeigte. Allein diesen im Ganzen nicht sehr gewichtigen Zeugnissen stehen viele andere ungleich bedeutendere entgegen.

Viele der früheren Beobachter fanden die Luftelektricität bei Nordlichtern keineswegs ungewöhnlich stark. Wiedeburg[7]

---

1 Phil. Trans. XLVIII. p. 356.

2 Coniectura de vi el. vaporum solarium in lum. bor. Lips. 1763. 4.

3 Mém. de l'Acad. de Turin. T. II. p. 323.

4 Götting. Magaz. 1. Jahrg. S. 217.

5 Aus Rozier's Journ. in Gehler's Wörterb. a. A. Th. III. S. 369.

6 Edinb. Journ. of Sc. IX. p. 75.

7 Beobachtungen und Muthmaſsungen über die Nordscheine. Jena 1771. 8.

Digitized by Google

nahm zwar unter 8 Nordlichtern, die er 1769 und 1770 beobachtete, bei dreien starke Luftelektrität wahr, aber bei zweien sehr schwache Spuren und bei den übrigen gar keine, auch zeigten im December die faſt täglich erscheinenden nie eine Spur. Romayne[1] fand eine Vermehrung der Luftelektricität nur dann, wenn sich zugleich ein Nebel erhob. Bergmann[2] in Upsala fand sie selbst bei den stärksten Nordlichtern niemals vermehrt, eben so wenig Pictet[3] zu Umba in Lappland, ungeachtet er eine 20 Fuſs hohe isolirte Stange auf einem Felsen aufgesteckt hatte, und Gallizin[4] selbst nicht bei der Anwendung eines elektrischen Drachen. Auch S. P. van Swinden[5] meint, die Anzeigen vermehrter Luftelektricität seyen so zweideutig, daſs es richtiger scheine, gar keinen Einfluſs der Nordlichter auf die Zunahme dieser Elektricität anzunehmen. Fragt man nach den Resultaten, welche die neueren Physiker in dieser Beziehung erhalten haben, so sind diese nicht zahlreich, weil sie in die Periode seltener Nordlichter fallen, allein auch diese entscheiden im Ganzen gegen den Einfluſs des Nordlichts auf das Elektrometer. Es scheint mir indeſs überflüssig, diese einzeln aufzuzählen, weswegen ich mich bloſs auf das Zeugniſs Hansteen's[6] berufe, welcher aus eben diesem Grunde Franklin's Hypothese für unzulässig erklärt. Am entscheidendsten müssen aber die Resultate der neuesten, mit gröſster Genauigkeit angestellten Versuche seyn. Indeſs Scoresby[7] konnte bei allen von ihm gesehenen Nordlichtern, namentlich bei einem am 20. Mai 1818, nie eine Spur von Luftelektricität am Elektrometer wahrnehmen. Parry[8] und seine Begleiter fanden bei ihren vielen Beobachtungen des Nordlichts auf der Insel Melville, daſs das Blattgoldelektrometer nie dadurch zur Divergenz gebracht wurde, namentlich erwähnen sie dieses bei den am 9. Nov. 1819, am 8. Jan. 1820 und am 9. Febr. desselben Jahres gesehenen gröſseren, mit dem Zusatze, daſs das Elektrometer ge-

1 Phil. Trans. XLIV. p. 159.
2 Ebend. LII. p. 385.
3 Nov. Comm. Petrop. XIV. P. II. p. 83.
4 Mém. de l'Acad. de Bruxelles T. III. p. 10.
5 Recueil des Mém. sur l'analog. cet. T. III. p. 204.
6 Schweigg. Journ. N. R. XVI. 201.
7 Account of the arc. Reg. T. I. p. 383. 418.
8 Zweite Reise u. s. w. S. 196. 224. 239.

Digitized by Google

nau beobachtet worden sey, welches noch obendrein mit einer isolirten, vom Mastkorbe bis auf das Eis herabgehenden Kette in Verbindung stand. Ein gleiches verneinendes Resultat erhielten dieselben auf ihrer dritten Entdeckungsreise[1]. Oft brachten sie an isolirenden Stäben eine Kette so an dem Hauptmaste an, daſs eine oben mit ihr verbundene Spitze über diesen und im Ganzen 115 F. über dem Meeresspiegel hervorragte, aber das Blattgoldelektrometer zeigte am untern Ende derselben keine Spur von Elektricität; dennoch aber gab eine kleine Elektrisirmaschine sehr starke Funken. Man muſs bei diesen Berichten wohl berücksichtigen, daſs sich diese Reisenden oberhalb des eigentlichen Sitzes der Nordlichter befanden[2], weswegen sie ihnen auch nie so nahe kamen, als ihren Landsleuten an der Nordküste des americanischen Festlandes.

Die durch diese letztern erhaltenen Resultate sind in der That merkwürdig. Hood[3] beobachtete anhaltend ein 50 F. über der Oberfläche der Erde aufgehängtes Elektrometer, fand jedoch nie, daſs dasselbe merkbar vom Nordlichte afficirt wurde. Zu eben dieser Ueberzeugung gelangte Franklin[4] während seines Aufenthalts zu Fort Enterprise. Auch Richardson[5] konnte an eben diesem Orte während der ganzen Dauer des Winters mit einem nach de Saussure construirten Elektrometer nie die mindeste Spur von Luftelektricität wahrnehmen; dennoch aber war die Elektricität der Menschen so stark, daſs die Holundermarkkügelchen zur gröſsten Divergenz auseinander fuhren, wenn die Hand das Instrument berührte, die trockne Haut aber bewirkte, daſs beide Hände an einander gerieben starke Elektricität entwickelten, die durch den Geruch kenntlich wurde. Noch mehr war eben dieses merkbar bei den Häuten der ausgestopften Thiere in den Zimmern, indem diese nicht selten, selbst ohne gerieben zu seyn, dem genäherten Knöchel einen bedeutenden Funken gaben. Auch aus den Beobachtungen, welche Capt. Franklin[6] unter höheren Breiten bei sei-

1 Journ. of a third Voy. p. 63.
2 S. oben unter b.
3 Narrative of a Journey cet. p. 543.
4 Ebend. p. 553.
5 Ebend. p. 598.
6 Narrative of a second exped. App. VII.

nem Aufenthalte am Bärensee und zu Fort Franklin anstellte, ging das Resultat hervor, daſs das Blattgoldelektrometer nie vom Nordlichte afficirt wurde.

Aber eben diese verneinenden, der Wahrscheinlichkeit nicht zusagenden Resultate vermochten Hood[1], eine etwas abweichende Methode des Beobachtens zu Fort Enterprise zu wählen. Es wird nämlich in der Folge erwähnt werden, daſs die Art der gleichzeitigen Abweichung zweier Magnetnadeln ihn auf die Vermuthung brachte, diese selbst möge wohl Folge der Elektricität seyn; weil aber das gemeine Korkkugel-Elektrometer nie die geringste Spur von Elektricität wahrnehmen lieſs, so verfertigte er sich für diesen Zweck folgendes Instrument. Eine 8 Zoll lange messingne Nadel, auf einer Compaſscharte befestigt, wurde auf einer kupfernen Spitze in einer hölzernen Büchse balancirt, welche letztere an der einen Seite eine Eintheilung von 60 Graden des Kreisbogens trug und mit einem Schieber bedeckt wurde, an welchem alle Fugen mit Papier überklebt waren, um den Zutritt der Luft abzuhalten. Damit die Elektricität eben so gut, als bei messingnen Compaſsbüchsen, zugeleitet werden könne, steckte er einen 8 Zoll langen Eisendraht lothrecht so durch den Deckel, daſs sein unteres Ende sich in gleicher horizontaler Ebene mit der Nadel befand, und eine Glasplatte erlaubte dann in das Innere der Büchse zu sehen. Nachdem die Prüfung ergeben hatte, daſs der Apparat keinen Magnetismus enthielt, wurde er am 2. Mai auf ein bedecktes Gesimse an der Auſsenseite des Hauses in einer Richtung nahe genau von O. nach W. gesetzt, indem die Nadel sich in 25 Minuten Entfernung vom genannten eisernen Conductor befand und die Büchse durch eine angebrachte kleine Libelle (*glass bubble*) gegen jede unbemerkte Bewegung gesichert war. Die Nadel stand um 12 Uhr noch unverändert, es ward kein Nordlicht beobachtet, aber Franklin sah bald darauf eins und um 8 Uhr Morgens am 3. Mai war die Nadel mit dem Conductor in Berührung. Hood bewegte sie 40 Minuten weit von demselben und beobachtete die nämliche Wirkung wieder am 3., 5., 6., 9., 10. und 11. Mai, an welchen Tagen jederzeit Nordlichter waren, die an den übrigen fehlten. Das Thermometer stand während dieser Zeit zwischen 26° und 56° F. am

1 Narrative of a Journey cet. p. 586.

Tage, 10° und 33° F. bei Nacht, die Bewegung der Nadel wurde allezeit erst am folgenden Morgen wahrgenommen. Am 12. Mai war kein Nordlicht und die Nadel blieb ruhig, aber am 13. Mai um Mitternacht schossen mehrere Lichtbögen von N. W. nach S. O. und die Nadel wurde aus einer Entfernung von 1° angezogen; die Temperatur war 12° F. Um den Apparat zum eigentlichen Elektrometer zu machen, wurde das Pivot der Nadel und der Conductor durch Siegellack isolirt und das Ganze an seinen frühern Platz gestellt. Am 14. Mai war die Temperatur 54° F., es entstand ein heftiger Wind aus N. N. W. mit Schnee und das Thermometer ging um Mitternacht auf 19° F. herab. Am 15. um 9 Uhr Morgens war die Nadel bis auf 30° Entfernung vom Conductor abgestoſsen und konnte mit ihm nicht zur Berührung gebracht werden, bis letzterer zufällig berührt war. Am 24. Mai zwischen 10 und 12 Uhr Abends wurde die Nadel abermals angezogen und dann bis 25° abgestoſsen, Franklin aber bemerkte am folgenden Morgen eine Ablenkung seiner Magnetnadel von 20 Minuten, woraus also auf die Anwesenheit eines Nordlichts geschlossen werden konnte. Die dann folgende lange Dauer der Tage hinderte leider die Fortsetzung dieser interessanten Beobachtungen. Hood sieht es als gewiſs an, daſs die beschriebenen Wirkungen von der Elektricität herrührten, wagt aber nicht darüber zu entscheiden, ob diese durch das Nordlicht zugeführt oder abgeleitet wurde.

Da man die letztere Schluſsfolgerung nicht wohl in Abrede stellen kann, so darf man es als ein ziemlich sicheres Resultat der gesammten mitgetheilten Beobachtungen betrachten, daſs das Nordlicht allerdings von einer Veränderung der Luftelektricität begleitet ist, allein nur an denjenigen Orten, denen diese Meteore ganz eigentlich zugehören, und auch dort kann dieselbe nicht anders als schwach seyn, weil sonst auch die übrigen Elektrometer mindestens einige Spuren davon gezeigt haben müſsten. Wenn hiermit die einzige Beobachtung von Morozzo unvereinbar ist, so muſs man gestehn, daſs diese neben so vielen andern, das Gegentheil von jener beurkundenden, nicht sehr ins Gewicht fallen kann und allzusehr auf die Vermuthung einer stattgefundenen Täuschung führt.

h) Zusammenhang mit dem Magnetismus.

Das Nordlicht steht auf mehrfache Weise im Zusammen-

hange mit dem tellurischen Magnetismus, wie hauptsächlich aus den neuesten Beobachtungen unverkennbar hervorgeht, ja viele sind so weit gegangen, dasselbe für eine rein magnetische Erscheinung zu halten. Die Untersuchung hierüber muſs daher wohl einen gewissen Grad der Vollständigkeit haben, und um diesen möglichst zu erreichen, scheint es mir am zweckmäſsigsten, die einzelnen Verhältnisse zu sondern und jedes für sich zu betrachten, wodurch auf jeden Fall die Uebersicht erleichtert wird.

1) Man nimmt an, die Ebene der Nordlichtbögen stehe senkrecht auf dem magnetischen Meridiane oder bilde mit diesem zwei rechte Winkel und die Krone des Nordlichts befinde sich allezeit an derjenigen Stelle des Himmels, wohin die Südspitze der Neigungsnadel gerichtet ist. Daſs diese Behauptungen nicht durchaus hypothetisch seyen, läſst sich leicht aus einer groſsen Menge von Thatsachen darthun. Gassendi[1] sagt von dem Nordlichte, welches am 12. Sept. 1612 die allgemeine Aufmerksamkeit so sehr erregte, daſs dasselbe genau im Norden stand, und so muſste es auch seyn, weil die Abweichung der Magnetnadel in Frankreich damals nur etwa 1 oder 2° betrug, und erst als diese zunahm, bemerkte man die mehr westliche Richtung der Nordlichter. Halley[2] aber setzt den Mittelpunct der Krone bei dem von ihm 1716 beobachteten Nordlichte in den Kopf der Zwillinge, welches ungefähr 20° Abstand vom Zenith, also fast genau den Punct giebt, wohin die verlängerte Axe der Neigungsnadel trifft. Dagegen bemerkt schon Maraldi bei der zu seiner Zeit mehr westlich gerückten magnetischen Abweichung, daſs das Nordlicht 10° westlich stand, eben so Horrebow zu Kopenhagen, und Godin[3], welcher dasselbe früher genau im Norden gesehn haben wollte, fand am 22. Febr. 1734 eine westliche Abweichung von 14°. Obgleich also keineswegs alle Nordlichter genau an der nämlichen Stelle sich zeigen, so fanden die Beobachter sich dennoch schon in jenen frühern Zeiten veranlaſst, eine Abweichung derselben nach W. als in den meisten Fällen stattfindend anzunehmen, ja man schloſs sogar aus der Vergleichung der Beobachtungen im 17ten

---

1 Opera. Lyon 1658. VI. Vol. fol. T. II. p. 107.
2 Phil. Trans. No. 347.
3 Mém. de l'Acad. 1734. p. 569.

Jahrhunderte und im Anfange des 18. Jahrhunderts von Gassendi, Cassini, Maraldi, Godin und andern, daſs der Ort des Nordlichts mit der Abweichung der Magnetnadel übereinstimme, wie dieses namentlich Lemonnier[1] als erwiesen ausspricht, obgleich einige Fälle, in denen es genauer im wahren Norden beobachtet wurde, nicht unbekannt blieben. Nach Cavendish[2] war die Mitte des Nordlichtbogens am 23. Febr. 1784 etwa 18° westlich, die Abweichung der Magnetnadel aber betrug 23°. Noch entscheidender ist das Resultat einer langen Reihe von Beobachtungen, welche Dalton in Kendal und Crostwhaite in Keswick in den Jahren 1792 und 93 angestellt haben, wonach die Mitte der Bögen fast allezeit genau im magnetischen Meridiane, der Mittelpunct der Krone aber in der Verlängerung der Neigungsnadel lag[3]. Gilbert, Wrede und Ausfeld bemerkten bei den von ihnen beobachteten Nordlichtern, daſs der hellste Punct derselben mehr westlich und die gröſste Höhe des Lichtbogens im magnetischen Meridiane lag[4]. Hansteen fand durch genaue Messungen am 7. Oct. 1816 das Azimuth des Nordlichtbogens = 12° 11′ und den Mittelpunct der Krone = 73° 10′ S., bei dem am 8. Febr. 1817 aber ersteres = 14° 57′, letzteren in 74° 39′, also mit der mittlern Abweichung und Neigung der Magnetnadel genau übereinstimmend. Auch Biot[5] maſs auf Unst am 27. Aug. 1817 die Lage beider Schenkel des groſsen Nordlichtbogens und fand die Mitte derselben nur etwa um 4° von der Richtung der Deklinationsnadel abweichend, welche 28° 50′ westlich vom astronomischen Meridiane abstand.

Inzwischen stellt Biot selbst, so sehr er den Satz vertheidigt, daſs die Ebene des Nordlichtbogens mit dem magnetischen Meridiane zwei rechte Winkel bilde, nicht in Abrede, daſs namentlich unter höhern Breiten, wo die Kraft der Deklinationsnadel nur geringe ist, bedeutende Abweichungen hiervon vorkommen, wie er selbst aus der Berechnung der Azimuthe mehrerer durch Celsius zu Torneä in den Jahren 1736 und 1737 beobachteten Nordlichtbögen fand. Um so mehr aber soll ge-

---

1 Lois du Magnetisme. Par. 1776. 2 Voll. 8. T. I. p. 153.
2 Phil. Trans. 1709.
3 Dalton meteorological observations and essays. Lond. 1793. p. 54.
4 G. XIX. 103. LXVII. 11.
5 Ebend. LXVII. 11.

rade in jenen Gegenden die Mitte der Krone in der verlängerten Axe der Neigungsnadel liegen.

Bei einer so wichtigen Frage muſs man sich nothwendig nach mehreren Zeugnissen und aus verschiedenen Gegenden umsehn, weil die Abweichung der Magnetnadel nicht überall gleich ist, die Resultate in dem nämlichen oder in einander nahe liegenden Meridianen aber durch bloſsen Zufall übereinstimmen könnten. Nach v. Wrangel[1] fingen die Nordlichter in Nischne-Kolymsk meistens in N. O. Viertel an und die Mitte der Breite des leuchtenden Segments lag im Allgemeinen im ersten oder zweiten Striche vom wahren N. nach O. Dort ist aber die Abweichung = 11° 45′ östlich. Dagegen sah Erman[2] den Nordlichtbogen am 1. Dec. 1828 zu Tobolsk westlich vom astronomischen N., obgleich auch dort die Abweichung der Magnetnadel östlich ist; ja die Einwohner jener Gegenden sagten, daſs es dort zweierlei Nordlichter gebe, die stärker leuchtenden in östlicher und die schwächeren in westlicher Richtung. Nach Dupin[3] stand zu Glasgow am 19. Sept. 1817 der Nordlichtbogen fast senkrecht auf dem magnetischen Meridiane, dagegen fand Kater[4], daſs die Ebene des Nordlichtbogens am 29. Sept. 1828 auf dem magnetischen Meridiane lothrecht stand, Farquharson[5] aber schlieſst aus seinen zahlreichen Beobachtungen, daſs der Nordlichtbogen in der Regel auf dem magnetischen Meridiane senkrecht stehe, es gebe jedoch nicht wenige Fälle, in denen das Meteor sich östlich oder westlich von demselben zeige. Diese Unregelmäſsigkeit in der Lage des Nordlichtbogens nimmt unter höhern Breiten zu, wo die Kraft der Deklinationsnadel schwächer, die Deklination gröſser ist und man sich mehr in der eigentlichen Region der Nordlichter befindet. Andreas Ginge[6] sah in Gothaab unter 64° 10′ N. B. am 12. Dec. 1786 ein Nordlicht, welches sich in O. erhob, so nach dem Zenith aufstieg und einen in N. und S. auf dem Horizonte

---

1 Physikalische Beobachtungen S. 58.

2 Poggendorff' Ann. XXII. 551.

3 Ann. Ch. Phys. VI. G. LXVII. 190.

4 Ann. Ch. Ph. XXXIX. 416.

5 Edinb. Journ. of Sc. N. S. No. XII. p. 392. Vergl. Edinb Phil. Journ. No. XVI. p. 308. Phil. Trans. 1829. p. 110.

6 Hansteen in Schweigger's Journ. N. R. XVI. 189.

Digitized by Google

stehenden Bogen bildete; nach Thienemann[1] dagegen geht der Nordlichtbogen auf Island von N. O. nach S. W. mit ungleichen Abweichungen nach beiden Seiten, was mit der dortigen magnetischen Deklination von ungefähr 35° westlich recht gut übereinstimmt. Keilhau[2], dessen interessante Beobachtungen in Finmarken schon mehrmals erwähnt worden sind, bemerkt ausdrücklich, daſs der höchste Punct des Bogens wenigstens nicht allezeit im magnetischen Meridiane lag, sondern etwas nördlich davon abwich. Von groſser Bedeutung endlich ist die Angabe Scoresby's[3], daſs der Nordlichtbogen an der Ostküste Grönlands unter 64° 41′ N. B. bei 30° westlicher Abweichung der Magnetnadel zuerst im Norden erschien, durch das Zenith ging und fast den südlichen Horizont erreichte. Man findet indeſs diese abnorme Richtung des Nordlichtbogens häufiger in den hoch nördlichen Theilen des atlantischen Oceans. Die Beobachtungen des groſsen Nordlichts am 7. Jan. 1831 sind noch überall in frischem Andenken und es genügt daher im Allgemeinen zu bemerken, daſs dasselbe meistens im magnetischen Norden gesehn wurde, am auffallendsten zu Christiansand, wo sich die Krone auch sehr genau in der verlängerten Axe der Neigungsnadel bildete; bloſs in Wien hatte dasselbe eine östliche Lage, ein allerdings auffallender Umstand, allein schon die mitgetheilten Thatsachen und noch mehr die weiter beizubringenden zeigen, daſs solche Anomalieen keineswegs unerhört, ja selbst nicht einmal sehr selten sind.

Vor allen Dingen muſs es von groſsem Interesse seyn, die Berichte der englischen Reisenden an der Nordküste America's auch über die vorliegende Frage zu hören. Der Kürze wegen bemerke ich nur im Allgemeinen, daſs nach dem, was oben (unter b) bereits mitgetheilt worden ist, Parry bei seinem Aufenthalte auf der Insel Melville die Nordlichter der Richtung der Magnetnadel gemäſs im Süden sah, auf seiner Rückfahrt aber die eigentliche Linie dieser Meteore durchschnitt, bis sie ihm nördlich erschienen. Auch zu Port Bowen muſsten sie noch in südlicher Richtung gesehen werden. Als eins der gewichtigsten Zeugnisse dient aber das des Lieutenants Hood[4],

1 G. LXXV. 66.
2 Ebend. XC. 619.
3 Reise, übers. von Kries. S. 50.
4 Narrative of a Journey cet. p. 543.

welcher von seinem Aufenthalte in Cumberland-House unter 53°,5 N. B. und bei etwa 18° östlicher Abweichung der Magnetnadel ausdrücklich erwähnt, daſs die Bewegung der Nordlichtbögen stets von N. nach S. gerichtet war, wobei sie nie mehr als 20° vom magnetischen Meridiane abwichen, indem ihre Mittelpuncte eben so oft im wahren als im magnetischen Meridiane lagen. Eben dieses besagen die Berichte Franklin's[1] aus Fort Enterprise unter 64° 28′ 24″ N. B. 113° 6′ W. L. von Greenwich, wo die Abweichung der Deklinationsnadel 36° 24′ 7″ östlich und die Neigung der Inklinationsnadel 86° 58′ 42″ beträgt. Darin heiſst es nämlich, daſs die horizontalen Streifen und Massen von Licht an jedem Theile des Himmels und in sehr ungleichen Höhen erschienen, meistens im magnetischen O. und W., jedoch wurden sie mehr als einmal im magnetischen N. anfangend und im magnetischen S. endend gesehn. Die Bögen dagegen stiegen bei weitem am häufigsten so am Himmel auf und bewegten sich in einer solchen Ebene, daſs sie mit dem magnetischen Meridiane zwei rechte Winkel bildeten. Nur einmal sah Franklin einen Nordlichtbogen vom magnetischen N. zum magnetischen S. fortlaufend[2]. Nach länger fortgesetzten Beobachtungen giebt auch Hood[3] an, daſs die Nordlichtbögen sich zuweilen mit ihren Mittelpuncten im magnetischen Meridiane erheben, setzt aber hinzu, daſs sie zuweilen auch einige Grade östlich und westlich von diesem sich zeigen; Richardson[4] aber versichert, so sehr er auch Dalton's Meinung achte, könne er doch in Folge eigener Anschauung nicht zugeben, daſs die Nordlichtstrahlen insgesammt die Richtung der Neigungsnadel hätten, auch bilde der Nordlichtbogen keineswegs jederzeit zwei rechte Winkel mit dem magnetischen Meridiane, indem er sich vielmehr sehr oft nach dem magnetischen O. und W. wende.

Aus allen diesen vielen Beobachtungen geht wohl als End-

---

1 Eine oben unter b erwähnte Angabe Franklin's, welche mit der hier mitgetheilten nicht wohl vereinbar ist, beruht vermuthlich auf einem Irrthume, einer Verwechselung, denn die hier aufgenommene stimmt mit den Resultaten der übrigen Beobachter an dem nämlichen Orte genau überein.

2 Narrative of a Journey, p. 551.

3 Ebend. p. 580.

4 Ebend. p. 597.

resultat unverkennbar hervor, daſs zwar unter mittlern Breiten, oder eigentlicher in bedeutender Entfernung von derjenigen Zone, in welcher die Nordlichter einheimisch sind, mag dieser Abstand südlich oder nördlich liegen, die Richtung des Nordlichtbogens wo nicht ganz allgemein, doch bei weitem in den meisten Fällen mit dem magnetischen Meridiane zusammenfällt, daſs aber in jener Zone selbst dieses Gesetz wegen der Menge der stattfindenden Ausnahmen kaum noch bestehn kann. Daher sah Parry auf der Insel Melville unter 75° N. B. das Meteor allezeit in südlicher Richtung, daſs aber Capt. Anjou es in eben dieser unter gleich hohen Breiten im sibirischen Eismeere gesehn haben sollte, wird nirgends angegeben, vielmehr setzt v. Wrangel sie ohne Ausnahme nach Norden. Erman aber befand sich in Tobolsk offenbar zwischen den beiden magnetischen Polen, und da die Nordlichter diese vorzugsweise umlagern, so ist die Angabe der dortigen Einwohner, daſs sie die Nordlichter bald in westlicher, bald in östlicher Richtung sehen, die letztern als die nähern und jener Gegend eigentlich zugehörigen aber stärker, hiermit vollkommen harmonirend.

Noch ist es nöthig, den Ort der Nordlichtkrone besonders zu erwähnen. Hansteen[1] sagt, die Erfahrung scheine gezeigt zu haben, daſs die Nordlichtkrone stets im magnetischen Meridiane, in der Verlängerung der Neigungsnadel liege, und es sind auch so eben einige ältere Beobachtungen erwähnt worden, welche diese Behauptung unterstützen, wie dieses nicht minder bei einigen neuern der Fall ist. Nach Kater[2] war die Höhe des Nordlichtbogens am 29. Sept. 1728 = 72° südlich und er bildete also mit dem Horizonte einen gleichen Winkel, als die Inklinationsnadel. Allein dieser nämliche Bogen (wenn es anders der nämliche war) hatte zu Gosport nur 70° nördliche Höhe und zu Lynn-Regis nur 56°. Andere gemessene Bögen erreichten auch diese Höhe nicht, z. B. der am 1. Dec. 1828 zu Manchester gesehene, welcher nur bis 30°, und der am 26. Dec., welcher nur bis 20° am Himmel heraufkam. Farquharson[3] beobachtete das Nordlicht sehr häufig zu Aberdeenshire und findet hiernach die Höhe des Bogens in der Regel nur 25 oder 30°,

1 Poggendorff Ann. XXII. 482.
2 Ann. Chim. Phys. XXXIX. 416
3 Edinb. Phil. Journ. No. XVI. p. 306.

zuweilen aber weit niedriger, selbst nur 5 bis 10°, setzt jedoch hinzu, daſs einige derselben mitunter über das Zenith hinausgehn. Ebenderselbe meint aber, daſs der Vereinigungspunct der Nordlichtstrahlen zur Krone 10° südlich vom Zenith sich befinde, und nach spätern Beobachtungen hält er einen Abstand desselben von 15° noch für richtiger[1]. Nach Hällström[2] endlich beträgt der Abstand der Krone vom Zenith zwischen 0° und 12° südlich; einmal war dieselbe jedoch auch nördlich. Es ergiebt sich hieraus im Ganzen, daſs die Höhe der Nordlichtbögen zwar sehr ungleich ist, wenn dieselben sich aber zu einer Krone gestalten oder die verschiedenen Nordlichtstrahlen sich hierzu vereinigen, was nur in seltenern Fällen geschieht, dann scheint allerdings dieser Vereinigungspunct nahe genau in der verlängerten Richtung der Neigungsnadel zu liegen, woraus unmittelbar hervorgeht, daſs eine und dieselbe Krone nicht an verschiedenen, weit von einander entlegenen Orten beobachtet werden kann. Gelegentlich will ich noch erwähnen, daſs nach Hood[3] die Strahlen und Blitze des Nordlichts in der Regel der Richtung der Neigungsnadel parallel seyn sollen, denn sie erschienen im magnetischen Meridiane lothrecht, zu beiden Seiten desselben aber gegen den Horizont geneigt.

2) Daſs das Nordlicht auf die Magnetnadel einen Einfluſs habe[4], ist zwar von einigen in Abrede gestellt, von der Mehrzahl der Beobachter aber mit solcher Bestimmtheit behauptet worden, daſs diese Thatsache wohl für factisch begründet gelten darf. Celsius[5] und Hiörter[6], die ältesten Zeugen, dürfen insofern für vorzüglich wichtig gelten, als sie den später aufgefundenen Zusammenhang zwischen der Elektricität und dem Magnetismus nicht ahnden, folglich den Einfluſs der ihrer Ansicht nach elektrischen Nordlichter auf die Magnetnadel nicht muthmaſsen konnten, dennoch aber bemerkt zu haben versichern, daſs die Abweichung der Deklinationsnadel sich wäh-

---

1 Phil. Trans. 1829. p. 110.

2 Diss. de arcubus lum. in coelo conspectis. Aboae 1802.

3 Narrative of a Journ. cet. p. 583.

4 Vergl. was hierüber Bd. I. S. 159. bereits gesagt worden ist und ich hier nur kurz wieder berühre.

5 Schwed. Abhandl. D. Ueb. XII. S. 54.

6 Ebend. IX. S. 36.

Digitized by Google

rend der Dauer dieses Meteors merklich ändere, auf jeden Fall aber ein Schwanken derselben erzeugt werde. Wargentin[1] stellte deswegen eigends eine Reihe von Beobachtungen mit der Abweichungsnadel an und fand die Thatsache vollkommen bestätigt. Nicht minder will T. Bergmann[2] einen Einfluſs des Nordlichts sowohl auf die Deklinations- als auch auf die Inklinationsnadel wahrgenommen haben. G. H. van Swinden und dessen Bruder S. P. van Swinden beobachteten am 29. Febr. 1780 gleichzeitig eine merkliche Abweichung der Magnetnadel zu Franecker und Haag, indem die Nadeln erst am andern Morgen wieder zurückgingen; am 2. März beobachtete ersterer abermals dieses Phänomen, konnte des trüben Wetters wegen kein Nordlicht sehen, hörte aber, daſs sich eins gezeigt habe[3]; auch hat Winkler[4] mehrere Beobachtungen dieser Art in einem eigenen Programme zusammengestellt. Nach Cotte[5] geräth die Magnetnadel durch das Nordlicht nicht bloſs in Schwankungen, sondern er beobachtete auch 1780 zu Montmorenci, daſs sie die Erscheinung desselben eine Stunde vorher verkündigte und während seiner Dauer abwechselnd um mehr als einen Grad abgelenkt wurde. Ein ganz unbefangener Zeuge, Andreas Ginge[6], erwähnt, daſs bei dem Nordlichte am 12. Dec. 1786 zu Gothaab unter 64° 10′ N. B. die Magnetnadel anfangs um 20 Min., nachher gar um 40 Min. abgelenkt wurde. Hemmer[7] benutzte zwar nur eine auf einer Spitze balancirte, übrigens starke, Brandersche Nadel, nahm aber dennoch einen Einfluſs des Nordlichts auf dieselbe wahr, Wilke[8] aber war geneigt, alle Oscillationen der Deklinationsnadel den Wirkungen des Nordlichts beizulegen, welches nach seiner Meinung sich täglich entzünden und auch die Inklinationsnadel in Schwankungen versetzen soll. Sowohl Schwankungen als auch Ablenkun-

1 Schwed. Abhandl. D. Ueb. Th. XII. S. 57.

2 Ebend. Th. XXVI. S. 269.

3 Acta Soc. Pet. T. IV. P. I. p. 13.

4 De commercio lum. bor. cum acu magnetica. Lips. 1767. 4.

5 Journ. des Savans 1780. Nov. Gren's N. Journ. Th. III. S. 421.

6 Nye Samling af Danske Videns. Selskabs Skr. Kiob. 1783. T. III. Vergl. Hansteen in Schweigger's Journ. XVI. 189.

7 Comm. Acad. el. Pal. T. VI. p. 317. Gren's Journ. d. Phys. Th. V. S. 83.

8 Schwed. Mus. 1783. T. III. p. 324. G. XXIX. 420. 422.

Digitized by Google

gen der Deklinationsnadel wurden ferner wahrgenommen durch Blondeau zu Brest, Mann zu Nieuport, Weiss zu Tyrnau, Lemonnier, Lalande und mehrere andere[1], auch sind hiermit die Zeugnisse von Julin[2], Gilpin[3] und Hällström[4] völlig übereinstimmend. Bertholon[5] nahm diesen Einfluſs auf die Magnetnadel gleichfalls wahr und will auſserdem gefunden haben, daſs isolirte Nadeln ihn stärker zeigen.

Die Thatsache schien hierdurch fest begründet, wurde jedoch wieder etwas zweifelhaft durch die Behauptung von Hell[6], welcher bei seinem Aufenthalte zu Wardöhuus im Jahre 1769 das Nordlicht zu einem vorzüglichen Gegenstande seiner Aufmerksamkeit machte und dabei gar keinen Einfluſs desselben auf die Magnetnadel entdecken konnte, durch die Angabe von Beguelin[7], daſs er bei den starken Nordlichtern am 18. Jan. 1770, desgleichen am 19. und 20. Febr. und 30. März 1771 nicht die geringsten Veränderungen der Magnetnadel wahrgenommen habe, durch das Zeugniſs des van Swinden[8], daſs nach seinen Beobachtungen auch messingne, nicht magnetische Nadeln durch das Nordlicht in Schwankungen geriethen, obgleich diese letztern auch zuweilen ruhten, während die magnetischen durch das Nordlicht bewegt wurden, und endlich durch die Beobachtungen von Cassini und Macdonald[9], daſs auch gewöhnliche Gewitter einen ähnlichen Einfluſs auf die Magnetnadel äuſserten.

Das Verlangen, über diese durch das neu entdeckte Verhältniſs zwischen Elektricität und Magnetismus noch interessanter gewordene Frage zur Gewiſsheit zu gelangen, veranlaſste einige Gelehrte, die Magnetnadel anhaltend bei Tage und bei Nacht zu beobachten, und so gelang es der Beharrlichkeit des

---

1 Mém. de l'Acad. de Bruxelles T. II. p. 271. Phil. Trans. LII. p. 285. Lemonnier lois du Magnetisme. p. 116.

2 Neue Abhandl. der Schwed. Acad. d. Wiss. 1793.

3 G. XXIX. 396.

4 G. XIX. 283.

5 Encyclop. meth. T. I. p. 357.

6 Aurorae borealis theoria nova. In app. ad Ephem. astron. ann. 1777.

7 Mém. de l'Acad. de Berlin 1770 u. 71.

8 Recueil des Mém. sur l'analogie de l'electricité et du magnetisme. A la Haye 1784. 3 voll. 8. T. I. p. 476.

9 G. III. 121.

Digitized by Google

Al. v. Humboldt[1], am 21. Dec. 1806 die durch ein Nordlicht verursachten unzweifelhaften Schwankungen der Deklinationsnadel wahrzunehmen. Seitdem wurde die Thatsache durch mehrfach wiederholte Beobachtungen bestätigt, z. B. von Schübler[2] am 8. Febr. 1817, durch Gay-Lussac[3] u. a., ja man wollte sogar gefunden haben, daſs die Magnetnadel selbst durch diejenigen Nordlichter afficirt werde, welche an dem Orte nicht sichtbar waren, wo die Magnetnadel beobachtet wurde, wie namentlich Hansteen[4] als Resultat mehrfacher Erfahrungen angiebt, auch nahm man wirklich in Paris ungewöhnliche Bewegungen der Magnetnadel wahr, als Mackenzie gleichzeitig ein groſses Nordlicht in Schottland beobachtete[5]. Hauptsächlich ist diese Aufgabe vielfach und zugleich ausführlich durch Arago erörtert worden. Als eine entscheidende Thatsache diente die Beobachtung, daſs am 29. März 1826 zu Paris ungewöhnliche Bewegungen der Magnetnadel wahrgenommen wurden, welche auf ein Nordlicht unter höhern Breiten schlieſsen lieſsen und durch das gleichzeitig von Dalton gesehene eine unerwartete Bestätigung erhielten[6]. Arago[7] fuhr nachher fort, die in Paris beobachteten regelwidrigen Schwankungen der Magnetnadel mitzutheilen und mit den später bekannt gewordenen Beobachtungen von Nordlichtern, namentlich in Groſsbritannien, zu vergleichen, hauptsächlich zuerst vom Jahre 1827, wobei der Einfluſs dieser Meteore auf die Schwankungen sowohl der Inklinations- als auch der Deklinationsnadel sich ganz unverkennbar zeigte, am stärksten bei dem vom 8. Sept., welches nicht bloſs in England, sondern auch in Frankreich, den Niederlanden u. s. w. gesehn wurde. Die Menge der hierdurch bekannt gewordenen Thatsachen, verbunden mit dem, was

1 G. XXIX. 423.

2 Schweigger's Journ. Th. XIX. Hft. 1.

3 Ann. Ch. Phys. XXI. 404.

4 G. LXVII. 47.

5 Ann. Ch. Phys. XXI. 404.

6 Ann. Ch. Ph. XXXI. 422. verglichen mit XXXVI. 404.

7 Man findet diese Zusammenstellungen für das genannte und die folgenden Jahre in den Decemberheften der Ann. de Ch. et Phys. Hieraus übertragen und durch die Zusätze von Hansteen und Kupffer bereichert findet man sie in G. LXXXIII. 127. LXXXV. 164. LXXXVI. 553. LXXXVIII. 320.

Digitized by Google

Hansteen und Kupffer zu ihrer Vervollständigung beigetragen haben, ist so groſs und sie selbst sind so überzeugend, daſs es nicht wohl möglich schien, einen Einfluſs der Nordlichter auf die Magnetnadel ferner in Abrede zu stellen.

Inzwischen trat Brewster [1] als ein gewichtiger Bestreiter des anscheinend ausgemachten Satzes auf und berief sich dabei auf die zahlreichen Beobachtungen Beaufoy's zu Hackney bei London, welcher mit Ausnahme des einzigen Jahres 1816 anhaltend von 1813 bis 1821 nicht bloſs die Bewegungen der Magnetnadeln mit den feinsten Instrumenten erforschte, sondern auch alle sonstige meteorologische Erscheinungen aufzeichnete. Zugleich sammelte er alle Nachrichten von gesehenen Nordlichtern in dem Raume zwischen Hackney und Thurso im Norden von Schottland, also in einer Ausdehnung von 7 Breitengraden, welches eben so viel ist als zwischen Paris und Leith, woraus Brewster folgert, daſs zwar viele Nordlichter mit Schwankungen der Magnetnadel zusammenfallen, viele aber nicht, und daſs wiederum viele Schwankungen der Magnetnadel nicht mit Nordlichtern, wohl aber mit Sturmwinden, vorzüglich von Süden her, zusammentreffen. Zugleich beruft sich Brewster zur Unterstützung seines Widerspruches auf einige Fälle, in denen nach Arago's eigener Angabe Bewegungen der Magnetnadel zu Paris ohne gleichzeitiges Erscheinen eines Nordlichts stattfanden und umgekehrt [2]. Auſserdem sucht er nachzuweisen, daſs nach den Beobachtungen auf Parry's dritter Entdeckungsreise das Nordlicht vielmehr einen beruhigenden Einfluſs auf die Magnetnadel ausübe, weil die geringere Abweichung derselben in den Monaten Januar und Februar mit der groſsen Zahl der dort beobachteten Nordlichter zusammenfalle. Inzwischen hat Brewster hierbei etwas zu voreilig übersehn, daſs nach allen vorhandenen, oben in genügender Menge mitgetheilten Zählungen die Menge der unter den verschiedensten Polhöhen anderweitig, als gerade da, wo Parry überwinterte, gesehenen Nordlichter im März und April weit gröſser

1 Edinb. Journ. of Sc. No. XVI. p. 190.

2 Es würde sich nicht der Mühe lohnen, näher zu untersuchen, wie weit diese, ohnehin mit unziemlicher Bitterkeit ausgesprochenen, Einwürfe gegründet sind, da die Frage von einer andern Seite her gegen Brewster's Ansicht vollständig entschieden ist.

ist, als im Januar und Februar, und da wir vorerst keinen Grund haben, die Wirkung der Nordlichter auf die Magnetnadel bloſs auf denjenigen Ort zu beschränken, wo dieselben gesehn werden, welches auf jeden Fall der Ansicht Arago's geradezu widerstreitet, so folgt aus der angegebenen gröſsern Abweichung der Magnetnadel in den Monaten März, April und Mai vielmehr das Gegentheil, nämlich ein Beweis für die Abhängigkeit beider von einander[1]. Inzwischen kann Brewster nicht leugnen, daſs die Nordlichter in einigen Fällen allerdings mit den Oscillationen der Magnetnadel zusammenfallen, und ist daher geneigt, beide Phänomene als Wirkungen einer und derselben Ursache anzusehn, jedoch nicht so, daſs der herrschenden Ansicht nach die Abweichung der Magnetnadel eine Folge des Nordlichts sey.

Allerdings giebt es einige nicht unbedeutende Zeugnisse gegen den fraglichen Einfluſs der Nordlichter auf die Magnetnadel. Namentlich versichert Scoresby[2], nie einen solchen Einfluſs wahrgenommen zu haben; aber von ungleich gröſserer Bedeutung ist das, was Parry hierüber sagt. Dieser bemerkt nämlich ausdrücklich von den auf der Insel Melville unter 74°,75 N. B. beobachteten Nordlichtern am 8. Jan., am 1. und 2. Febr. 1820 und andern, daſs die Magnetnadel nicht davon afficirt worden sey, ja er setzt ausdrücklich hinzu, daſs in jenen Gegenden, wo die Richtungskraft der Deklinationsnadeln fast gänzlich fehle, jede andere Kraft eine vorzüglich starke Abweichung bewirken müsse, aber er und seine Begleiter hätten selbst bei den an einem Seidenfaden aufgehangenen oder sonst höchst leicht balancirten und zugleich sehr empfindlichen Nadeln nie den geringsten Einfluſs wahrgenommen[3]. Eben dieses wiederholt er als das Resultat genauer Beobachtungen zu Port Bowen unter 73°,25 N. B., woselbst auch die höchst fein aufgehangenen Magnetnadeln nicht im mindesten durch das Nordlicht afficirt wurden[4].

---

1 Uebrigens hat Christie später aus Foster's Journalen dargethan, daſs allerdings auch zu Port Bowen die gröſsere Deklination in den Monaten Januar und Februar mit der Erscheinung der Nordlichter zusammenfällt. S. Journ. of the Roy. Inst. No. 5. p. 274.

2 Account of the Arctic Reg. T. I. p. 418.

3 Zweite Reise zur Entdeckung einer nordwestlichen Durchfahrt. D. Ueb. Hamb. 1822. 1 Bd. 8. S. 224. 235. 239. 249.

4 Journ. of a third Voy. p. 63. 173.

Wären die beweisenden Beobachtungen minder wichtig und überzeugend, so könnten die so eben erwähnten allerdings dazu dienen, den Einfluſs der Nordlichter auf die Magnetnadel überhaupt zweifelhaft zu machen, allein nach dem, was hierüber auſserdem bekannt ist, beweisen die angegebenen Resultate nur so viel, daſs derselbe im hohen Norden jenseit der eigentlichen Nordlichtzone und obendrein sehr in der Nähe des einen magnetischen Poles der Erde nicht stattfindet, was allerdings bei der Theorie dieser merkwürdigen Meteore von groſser Bedeutung ist. Dagegen giebt es eine groſse Menge Beobachtungen, welche überzeugend darthun, daſs südlich von dieser Zone jener Einfluſs zwar nicht allezeit und nicht stets von gleicher Stärke sich zeigt, aber doch in so überwiegend vielen Fällen, daſs eine Entscheidung darüber nicht zweifelhaft seyn kann. Farquharson[1] folgert aus einer groſsen Menge eigener Erfahrungen, daſs die Unruhe und veränderte Abweichung der Magnetnadel erst dann stattfinden, wenn die äuſsersten Strahlen (*fringes*) denjenigen Punct des Himmels erreichen, wohin die verlängerte Axe der Neigungsnadel trifft. Diese äuſsersten Strahlenenden, setzt er hinzu, seyen mitunter so fein, daſs sie gar nicht wahrgenommen würden, woraus die Erklärung so mancher von einander abweichender Resultate von selbst folge. Nach de la Pilaye's[2] Beobachtungen auf Terre-Neuve unter etwa 47 bis 50° N. B. wird die Magnetnadel allerdings zuweilen durch das Nordlicht afficirt, in vielen Fällen jedoch gar nicht. Silliman[3] beobachtete am 28. Aug. 1827 zu New-York eine Oscillation der Deklinationsnadel, welche im Ganzen 11° nach beiden Seiten des magnetischen Meridians betrug, die Veränderung der Inklinationsnadel erstreckte sich jedoch nicht weiter als bis 2°; beide Gröſsenbestimmungen übertreffen jedoch weit die meisten, wo nicht alle andere.

Am wichtigsten auch für diesen Theil der ganzen Untersuchung sind die Berichte der Reisenden an der Nordküste America's. Hood[4] theilt als Resultat seiner Beobachtungen zu Cumberland-House im Allgemeinen mit, daſs die Magnetnadel je-

1 Phil. Trans. 1830. p. 105.
2 Mém. de la Soc. Linn. T. IV. p. 462.
3 Amer. Journ. of Science. XIV. p. 91.
4 Narrative of a Journey cet. p. 543.

Digitized by Google

derzeit durch das Nordlicht afficirt werde, wenn es sich zum Zenith erhebe, indem sie eine langsame Abweichung von O. nach W. erhalte, welche im Maximum bis 45° stieg. Die bedeutende Gröſse der Ablenkung abgerechnet stimmen hiermit die Beobachtungen Franklin's[1] zu Fort Enterprise vollkommen überein. Auſserdem will dieser bemerkt haben, daſs der Einfluſs dann gröſser war, wenn das Nordlicht durch eine trübe, dunstige (*hazy*) Atmosphäre schien, der Mond einen Hof hatte und feiner Schnee fiel; ja man gewahrte die Störungen der Magnetnadel in nebelig-wolkigen (*hazy cloudy*) Nächten, wenn gar kein Nordlicht zu sehen war. Auch am Tage wurden solche Abweichungen wahrgenommen, sowohl bei heiterem als auch bei trübem Himmel, am stärksten jedoch bei letzterem. In einigen wenigen Fällen wurde die Abweichung der Nadel in dem nämlichen Augenblicke beobachtet, in welchem eine Nordlichtsäule emporschoſs, und sie nahm ihren vorigen Stand in ungleichen Zeitintervallen wieder ein; wenn sich aber augenblicklich nach der Abweichung ein Bogen mit beiden Schenkeln gleich weit vom magnetischen Meridiane abstehend bildete, so kehrte die Nordspitze der Nadel früher zurück und ging dann zuweilen über ihren normalen Stand hinaus. Bei starken Abweichungen kam übrigens die Nadel erst um 3 bis 4 Uhr des folgenden Nachmittags wieder auf ihren alten Stand zurück. Dort sowohl, als auch am Bärensee, zu Fort Franklin, unter 65° 12′ N. B. und im Mittel 123° 12′ W. L. von Greenwich behauptet Franklin[2] wahrgenommen zu haben, daſs die Abweichung der Magnetnadel zur Lage des Nordlichts in einem gewissen Verhältnisse stehe. Ueberhaupt wurde bemerkt, daſs bei schneller Bewegung der stärkeren Nordlichtstrahlen die nächst zugekehrte Spitze der Nadel fast gleichzeitig nach diesem Orte hingezogen wurde, es mochte aus einem niedrigen oder einem bis ins Zenith gehenden Bogen bestehn. Die Ablenkung war bei trübem Himmel allezeit stärker, bei ganz heiterer Luft blieb sie zuweilen ganz aus. Franklin läſst dabei nicht unbemerkt, daſs die durch ihn selbst und seine Begleiter erhaltenen Resultate im Widerspruche mit den Beobachtungen Parry's zu Port Bowen ständen, setzt aber hinzu, daſs der eigentliche

---

1 Narrative of a Journey cet. p. 551. 553.

2 Narrative of a second Exped. App. VII.

Sitz der Nordlichter von letzterem Orte weiter entfernt seyn müsse, weil man daselbst diese Meteore nur niedrig und von schwachem Lichte, an ihren Beobachtungsorten aber über alle Beschreibung schön leuchtend, niedrig und mit den lebhaftesten Farben glänzend gesehn habe. Das Parallel von etwa 65° müsse also für ihre Bildung vorzüglich günstig seyn[1]. Die etwa beobachteten Veränderungen der Neigungsnadel hält Franklin für so unbedeutend und unsicher, daſs er sich nicht geneigt fühlt, sie als Folgen des Nordlichts zu betrachten.

Zur noch gröſsern Vervollständigung dieses genauen Berichtes verdient dasjenige berücksichtigt zu werden, was Hood[2] über seine eigenen und die schon erwähnten Beobachtungen zu Fort Enterprise mittheilt. Der Compaſs, welchen Franklin beobachtete, war klein, gehörte zu einem Transit-Instrument, hatte keine papierne Windrose und stand an freier Luft in einem Raume des Hauses. An der entgegengesetzten Seite des nämlichen Hauses stand der von Hood beobachtete Kater's Azimuthal-Compaſs fest auf einem Gesimse im Hause an einem Fenster von Pergament mit einigen Löchern, durch welche die Luft strich. Die Nadeln beider Compasse wurden auf verschiedene Weise abgelenkt und nahmen ihren normalen Stand in ungleichen Zeiten wieder an. Zuweilen wurden beide am Tage abgelenkt, zuweilen aber nur eine von beiden. Die eben angegebene, von Franklin bemerkte Correspondenz zwischen der Lage des Nordlichts und der Richtung der Abweichung konnte Hood nicht wahrnehmen, auch bemerkte er nie, daſs die Nadel während der Dauer des Nordlichts wieder rückwärts ging, indem seine Nadel vielmehr in dieser, meistens einige Stunden betragenden, Zeit allmälig entweder westwärts oder ostwärts abgelenkt wurde. Die Ablenkungen beider Nadeln erfolgten übrigens in den nämlichen Nächten, erreichten ihr Maximum am andern Morgen und waren in der Regel vor 8 Uhr Nachmittags wieder gänzlich verschwunden. Da die Maxima der Abweichungen als die eigentliche Wirkung der Nordlichter

---

1 Barlow berechnet aus den Franklin'schen Beobachtungen, daſs der magnetische Pol unter 69° 16' N. B. und 98° 8' W. L., nach Parry's Beobachtungen aber unter 70° 43' N. B. und 98° 54' W. L., im Mittel unter 70° N. B. und 98° 31' W. L. liegen müsse.

2 Narrative of a Journey cet. p. 586.

gelten konnten, so wurden sie mit einander verglichen, und da zeigte sich das merkwürdige Resultat, daſs die Hälfte derselben hinsichtlich der Richtung einander entgegengesetzt waren. Hood schlieſst hieraus, daſs das Nordlicht keine magnetische Erscheinung seyn könne, weil sonst die Richtungen der magnetischen Ablenkungen einander gleich seyn müſsten, weswegen er sich geneigt fühlt, diese für eine Wirkung der Elektricität zu halten, welche, wenn einmal erregt, sich nicht früher als innerhalb 12 Stunden durch die Spitze, worauf die Magnetnadel balancirt sey, entweichend ins Gleichgewicht setzen könne. Daſs hiermit seine bereits erwähnten spätern Untersuchungen über den Einfluſs der Elektricität zusammenhängen, versteht sich von selbst, indeſs ist nicht zu erwarten, daſs die zahllosen übrigen Beobachter eine magnetische Wirkung allgemein mit einer elektrischen verwechselt haben sollten, auch sind hiermit die genauen Angaben der Thatsachen nicht wohl vereinbar.

Die zuletzt mitgetheilten Angaben sind in Beziehung auf einen Umstand wichtig, welchen ich bis jetzt noch unberührt gelassen habe, nämlich die Frage, nach welcher Richtung die Magnetnadel durch das Nordlicht abgelenkt werde. Die meisten Beobachter reden bloſs von Oscillationen der Nadel oder von einer Ablenkung derselben von ihrem normalen Stande; bei der oben erwähnten, als entscheidend betrachteten Beobachtung v. Humboldt's aber wollte dieser eine Abstoſsung der Magnetnadel durch das Nordlicht, Hansteen aber eine Anziehung derselben wahrgenommen haben, welche beide Bezeichnungen übrigens unzulässig oder mindestens unbestimmt seyn würden, wenn man es als ausgemacht betrachten müſste, daſs der Nordlichtbogen lothrecht auf dem magnetischen Meridiane stände. Später sprach Hansteen seine Meinung über diese Frage bestimmter aus[1]. Hiernach bleibt nämlich die Neigungsnadel ruhig, so lange die Krone des Nordlichts sich in der Verlängerung ihrer Axe befindet, schwankt aber sogleich, wenn jene sich nach irgend einer Seite hinneigt. In diesem Falle sinkt die Nordspitze der Abweichungsnadel merklich herab, wie z. B. am 18. Jan. 1770, oder schlägt aufwärts unter das Glas, wie am 13. Dec. 1765, statt daſs sie sonst im Allgemeinen vom

1 In seinem bekannten groſsen Werke: Untersuchungen über den Magnetismus der Erde. Christiania 1819. 4.

Digitized by Google

Nordlichte angezogen wird. Es scheint hieraus zu folgen, daſs das Nordlicht *anziehend* auf die Spitze der Magnetnadel wirke, wonach also in Beziehung auf die Nordspitze der Abweichungsnadel diese westlich abweichen müſste, wenn das Nordlicht westlich vom magnetischen Meridiane erscheint, und umgekehrt. Seitdem haben wir einige nähere Bestimmungen über diesen Gegenstand erhalten. Nach Farquharson soll sich die Abweichung erst dann zeigen, wenn das aufsteigende Licht des Meteors die durch den magnetischen Meridian gehende lothrechte Ebene schneidet; allein dieses bestreitet Arago[1] und meint, wenn das Nordlicht am Abend die Nordspitze der Nadel östlich bewege, so habe es dieselbe am Morgen schon westlich abgelenkt, und dieses geschehe selbst durch die nicht in Paris, wohl aber in Petersburg, Sibirien und America sichtbaren Nordlichter. Als merkwürdig wird dann von ihm hinzugesetzt, daſs bei dem Nordlichte am 1. Dec. in Sibirien, welches unter dem Einflusse des zweiten magnetischen Nordpols gewesen sey, die Nordspitze der Nadel in Paris am Morgen westlich, am Abend aber östlich angezogen wurde. Nach Hansteen's[2] späteren Ansichten ist der Wechsel der magnetischen Deklination zugleich von einer Veränderlichkeit der magnetischen Intensität begleitet, die Polarlichter aber sollen auf eine groſse, von einem Pole zum andern sich erstreckende Entfernung wirken und nicht von einer aus der Oberfläche der Erde ausströmenden materiellen, das Nordlicht erzeugenden Substanz herrühren, sondern von einer gänzlichen Aufhebung im Gleichgewichte der magnetischen Kräfte, welche zugleich die Ursache der Polarlichter sey[3]. Franklin[4] fand nach seinen Beobachtungen zu Fort Enterprise, daſs die Lage des Nordlichtbogens auf die Richtung der Magnetnadel allerdings einen Einfluſs hatte. Bildete derselbe nämlich mit dem magnetischen Meridiane zwei rechte Winkel, so war die Abweichung westlich, und dieses um so stärker, je mehr der Bogen sich von W. zum magnetischen

---

1 Ann. Ch. Phys. XLV. 415.

2 Phil. Mag. and Ann. T. II. p. 337.

3 Man übersieht leicht, daſs diese Hypothese die Lösung der Aufgabe nicht fördert, indem sie es unentschieden läſst, worin diese Aufhebung und der dadurch erzeugte Lichtschein eigentlich bestehe.

4 Narrative of a Journey cet. p. 551.

Digitized by Google

N. erstreckte, das Gegentheil aber fand statt, wenn der Bogen südlich vom magnetischen W. anfing und im magnetischen N. endigte, und der Einfluſs war um so stärker, je näher das Meteor der Erde kam. Lieſsen sich diese Beobachtungen und die oben von Hood angegebenen zur Begründung eines allgemeinen Gesetzes benutzen, so würde dieses sich auf folgende Weise aufstellen lassen. Zu Fort Enterprise war die regelmäſsige Abweichung östlich, wegen des überwiegenden Einflusses des östlich liegenden magnetischen Nordpols. Lag das Nordlicht im magnetischen Meridiane, so fand eine Schwächung des polarischen Einflusses statt und die Nadel wich westlich ab, stand aber das Nordlicht in westlicher Richtung, so fand die Schwächung der magnetischen Kraft gleichfalls in dieser statt, die polarische muſste dadurch an Stärke zunehmen und die Abweichung muſste östlich werden. Weil aber die Beobachter an jenen Orten dem magnetischen Pole sehr nahe waren, so konnten die Nordlichter mit kaum merklichen Unterschieden ihrer scheinbaren Lage eben so oft nach der einen als nach der andern Seite hin liegen, und so ist es also erklärlich, daſs nach Hood beide Fälle gleich oft stattfanden. Ich gestehe, daſs ich aus theoretischen Gründen dieses Gesetz gern als ein richtiges ansehn möchte, in welchem Falle dann Al. v. Humboldt's anfängliche Behauptung gegründet wäre, wonach die Spitze der Magnetnadel durch das Nordlicht (scheinbar) abgestoſsen wird; allein ich wage nicht zu entscheiden, ob sich alle Beobachtungen, namentlich unter niedern Breiten, hiermit vereinigen lassen[1].

Nimmt man alle bisher mitgetheilten Thatsachen zur Erhaltung eines endlichen Resultats zusammen, so läſst sich der Einfluſs der Nordlichter auf die Magnetnadel auf keine Weise in Abrede stellen, und es ist allerdings ein Verdienst von Arago, daſs er durch seine anhaltenden Bemühungen seit 1826 bis auf den gegenwärtigen Augenblick diese Thatsache auſser Zweifel gesetzt hat. Scoresby's und Parry's Beobachtungen beweisen zwar vor der Hand allerdings, daſs ein solcher Einfluſs nördlich jenseit der Polarlichtzone nicht stattfindet, allein man würde allen historischen Glauben und alles Vertrauen auf fremde Erfahrungen umstoſsen, wenn man denselben für die ganze

---

1 Vergl. *Theorie*, am Ende.

Zone von etwa 40 bis 65° N. B. und 100° W. L. bis 100° O. L. in Abrede stellen wollte. Zeigt sich der Einfluſs der Nordlichter auf hinreichend empfindliche Nadeln im Bereiche dieser Zone nicht, so könnte man diese Ausnahmen füglich daraus erklären, daſs die auf die Nordspitze der Magnetnadel wirkenden Kräfte einander entgegengesetzt seyn, mithin sich wechselseitig aufheben können, wenn gleichstarke Nordlichter gleichzeitig beide magnetische Nordpole umlagern. Uebrigens reichen Arago's Bemühungen allein schon hin, die Thatsache selbst genügend zu begründen. Hierzu kommen aber, auſser den bereits angegebenen, noch die sehr beweisenden Beobachtungen von Kupffer[1] am 5. Mai 1830 zu Petersburg, verglichen mit gleichzeitigen zu Nicolajew und Kasan, so wie nicht minder Dove's[2] Nachweisungen des Einflusses, welchen das Nordlicht am 19. Dec. 1829 auf die Magnetnadel zu Petersburg, Berlin, Freiberg, Kasan, Nicolajew und Alford äuſserte, wobei noch der merkwürdige Umstand vorkam, daſs an allen ersteren Orten die Abweichung östlich, am letztern aber westlich war, die groſse Zahl von Beobachtungen, welche Hansteen[3] vom 7. Juli 1830 an bis zum 7. Jan. 1831 gemacht hat, und endlich die an mehreren Orten von verschiedenen Beobachtern wahrgenommene Abweichung der Magnetnadel bei dem groſsen Nordlichte am 7. Jan. 1831, namentlich zu Siegen, Düren und Saarbrück, zu Berlin an mehrern Nadeln und zu Paris, woselbst die Veränderung der Deklination im Ganzen 1° 6′ 47″, der Inklination 21 Minuten betrug. Man darf also diese Thatsache als ausgemacht ansehn und künftige Beobachtungen haben nicht sowohl diese im Allgemeinen, als vielmehr die Art der Ablenkung und das Verhältniſs derselben zum Orte des Nordlichts zu berücksichtigen.

3) Einige Gelehrte waren endlich geneigt, einen Zusammenhang zwischen der Zahl der Nordlichter und der magnetischen Abweichung anzunehmen, allein es hält nicht schwer, die

---

1 G. XCIV. 611. Ebendaselbst findet man die gleichzeitigen Beobachtungen zu Freiberg.

2 G. XCVI. 333.

3 Man findet diese Uebersicht ausführlich in Poggendorff Ann. XXII. 540. Noch mehr hierüber mitzutheilen unterlasse ich absichtlich, da ich ohnehin fast fürchten muſs, zu ausführlich gewesen zu seyn.

Digitized by Google

Unzulässigkeit dieser Hypothese darzuthun, die Le Monnier[1] zuerst aufgestellt zu haben scheint, indem er zu finden meinte, daſs der Bogen der stärksten magnetischen Abweichung mit der gröſsten Zahl der Nordlichter zusammenfalle. Die oben mitgetheilte Uebersicht der seit einer langen Reihe von Jahren beobachteten Nordlichter zeigt jedoch deutlich, daſs von der Zeit an, als die westliche Abweichung der Magnetnadel an den Orten, welche etwa unter den Meridian von Paris fallen, = 0 war, also ungefähr seit 1660 bis auf den Anfang dieses Jahrhunderts, als sie ihr Maximum erreicht hatte, die Menge der Nordlichter sehr wechselte und mehrere Perioden des zahlreichen Erscheinens und der gänzlichen Abwesenheit durchlief; ja es fällt vielmehr das Maximum der westlichen Abweichung mit derjenigen Periode zusammen, in welcher die Nordlichter fast gänzlich fehlten. Es läſst sich daher diese Frage als völlig entschieden betrachten.

C. Hypothesen zu dessen Erklärung.

In den ältesten Zeiten wurde das Nordlicht aus verschiedenartigen Dünsten erklärt, die von der Erde ausgestoſsen sich in höhern Regionen ansammeln und dort entzündet werden sollten. Diese Erklärung, welche sicher aus den frühesten Zeiten abstammt, als man die meisten Meteore aus solchen schwefeligen oder alkalischen Dünsten ableitete, hat sich unter verschiedenen Modificationen bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts fortgepflanzt und wurde so allgemein angenommen, daſs es kaum der Mühe werth ist, einzelne Gewährsmänner dieser herrschenden Ansicht namhaft zu machen. Le Monnier[2] unter andern glaubte, diese Dünste stiegen zu einer erstaunlichen Höhe, F. C. Maier[3] meinte, sie trennten sich nach Sonnenuntergang von den wässerigen und könnten dann erst in Brand gerathen; nach Frobesius[4] bestehn sie aus höchst feinen, mit Eisstückchen gemengten Theilchen, und auch Mus-

1 Vergl. *Astronomie*. Bd. I. S. 116 ff.

2 Institutions astronomiques. Par. 1746. 4.

3 Commentarii Soc. Petrop. T. I. p. 364.

4 Nova et antiqua luminis atque aurorae borealis spectacula. Helmst. 1739. 4.

Digitized by Google

Schenbroek[1] giebt sich viele Mühe, diese Hypothese wahrscheinlich zu machen. Nach seiner Ansicht steigen diese Dünste von der Erde auf, werden in den höhern Regionen mit andern heterogenen gemischt, gerathen dadurch in Gährung und diese führt dann die Entzündung herbei. Nach der Meinung mehrerer anderer, die durch Mairan erwähnt werden, strömen diese entzündlichen Dünste in der Gegend des Nordpols aus dem Innern der Erde und die Nordlichter sind dann zahlreicher, wenn die Poren daselbst weniger verstopft sind, so daſs eine gröſsere Menge von Dünsten ausströmen kann, wodurch also der periodische Wechsel der Nordlichter leicht erklärt wird. Cramer[2] endlich nimmt an, die inflammabeln Dünste strömten durch den Druck der Luft getrieben aus den heiſsen Ländern nach den Polen hin und entzündeten sich daselbst, Peyroux de la Coudrenière[3] aber nimmt überall solche elektrische entzündliche Dünste an, unter denen die von der Erde aufsteigenden in den höhern Gegenden verbrennen und so die mancherlei leuchtenden Meteore, also auch die Nordlichter, erzeugen.

Fast von gleichem Alter hiermit ist die Hypothese, wonach das Nordlicht ein optisches Meteor seyn soll, welches dadurch erzeugt werde, daſs das Eis und der Schnee um den Nordpol die Sonnenstrahlen gegen die hohle Fläche der obern Schichten der Atmosphäre reflectiren, von wo aus sie abermals zurückgeworfen zum Auge des Beobachters gelangten. Hierzu bekannten sich Cartesius, Burmann, Spidberg[4] und Frobesius[5], später aber wurde sie hauptsächlich unterstützt durch Hell[6], welcher bei seinem Aufenthalte in Wardoehuus im Jahre 1769 das Nordlicht zu einem Hauptgegenstande seiner Beobachtungen machte. Dieser nimmt an, daſs in der Polarzone eine Menge Eistheilchen bis zu bedeutenden Höhen in der Luft schweben, welche bei ihrer mannigfaltigen Lage das Licht mehrmals zu reflectiren vermögen, wodurch dann die groſse Höhe dieser Meteore wegfällt und ihr Erscheinen zu ei-

1 Cours de Phys. T. III. p. 389.
2 Ueber die Entstehung des Nordlichts. Hildesh. 1785. 8.
3 Gotha'sches Mag. Th. I. St. 1. S. 10.
4 Acta lit. Sueciae ad ann. 1724.
5 Nova et ant. lum. atque aur. bor. spect. Helmst. 1739. 4.
6 Append. ad Ephem. astron. anni 1777.

Digitized by Google

ner Zeit, wenn die Sonne 60° unter dem Horizonte ist, keine weitern Schwierigkeiten darbietet, wenn man einmal das Vorhandenseyn solcher Eisblättchen in so groſsen Höhen als zulässig annimmt. Hüpsch[1], Triewald[2], Savioli[3], Dobbi[4] und andere sind Anhänger dieser Hypothese, an welche sich eine Aeuſserung von Placidus Heinrich[5] reihen läſst, daſs nämlich der Nordschein phosphorisches Licht sey, welches von den groſsen Massen des Polareises ausgestoſsen werde. Inzwischen ist die Phosphorescenz des Eises, sobald es sich um eine so bedeutende Menge Licht handelt, keineswegs durch Erfahrung bewiesen, wenn gleich Egede Saabye[6] einst ein Stück Eis dem Nordlichte ähnlich leuchten sah, und auſserdem könnte die Phosphorescenz nicht füglich anders als durch Insolation erzeugt werden, welche jedoch in den langen Winternächten der Polargegenden gerade zu derjenigen Zeit wegfällt, wenn die Nordlichter sich am zahlreichsten entzünden.

Halley stellte nach der Beobachtung des groſsen Nordlichts von 1716 eine Hypothese auf, welche in etwas veränderter Gestalt neuerdings von den bedeutendsten Physikern wieder hervorgehoben wird. Weil man nämlich die Wirkungen des Magnets aus einer in Wirbeln strömenden ätherischen Flüssigkeit erklärte und die Erde nach der Richtung der Magnetnadel sich als ein groſser Magnet zeigte, so nahm er an, daſs das aus den Polen strömende und unter dem Aequator hin den entgegengesetzten Polen zuflieſsende magnetische Fluidum während dieser seiner Bewegung in den niedern Höhen unter den polarischen Zonen leuchte. Eine Unterstützung seiner Meinung fand er in der westlichen Abweichung der Magnetnadel, welche mit der westlichen Richtung des gesehenen Nordlichtbogens zusammenfiel[7]. Schon früher hatte er zur Erklärung der Variation der magnetischen Abweichung in langen Perioden die Meinung geäuſsert, daſs die Erde aus einer hohlen Kugel mit einer eingeschlossenen massiven bestehe, welche beide sich in unglei-

1 Untersuchung des Nordlichts. Cöln 1778. 8.
2 Schwed. Abh. D. Ueb. Th. VI. S. 103.
3 De aurora boreali. Bergamo 1789.
4 Tilloch's Phil. Mag. 1820.
5 Die Phosphorescenz der Körper. Nürnb. 1811. 4. Th. I.
6 Tagebuch eines Aufenthalts in Grönland. S. LXV.
7 Phil. Trans. No. 347. Year 1717.

chen Zeiten um ihre Axe drehten. Den Zwischenraum zwischen beiden, meint er, könne man gleichfalls für bewohnt halten, und um ihn zu erleuchten, diene dann die Materie des Nordlichts, die zuweilen aus den dünnern Stellen an den Polen ausströme und auf diese Weise sichtbar würde[1].

De Mairan[2] widerlegt mit vielem Scharfsinne die ältern, vor seiner Zeit aufgestellten Hypothesen und weiſs die neue, von ihm selbst ersonnene, durch die künstlichste Beweisführung und mit ungewöhnlicher Beredtsamkeit zu unterstützen. Nach ihm reicht die Sonnenatmosphäre über die Erdbahn hinaus, und da die Erde zu gewissen Zeiten, die er genau mit der gröſsern Zahl der Nordlichter in Verbindung zu setzen weiſs, in diese eintritt, so senken sich die in den Bereich der Anziehung durch die Erde gelangenden Theilchen derselben in die Atmosphäre herab, werden durch die Schwungkraft nach den Polen hingetrieben und bleiben dort in derjenigen Höhe schweben, in welcher sie mit der Luft ein gleiches specifisches Gewicht haben. Die tieferen Schichten enthalten also die gröbern Theile, welche das dunkle Segment und die untern Wolken bilden, aus denen sich die leichtern als Lichtsäulen erheben. Ueber diesen schwebt der feinere Stoff, welcher entweder an sich leuchtend oder durch Reibung und Gährung bei der Mischung mit Luft entzündet ist. Wegen der groſsen Erhebung über die Pole der Erde, über denen sie wegen dort mangelnder Schwungbewegung ruhig schweben, können sie bis tief in die gemäſsigte Zone herab gesehn werden. Zur Erklärung der westlichen Richtung der Nordlichter nimmt er an, daſs die Abendgegend der Erde, die von W. nach O. um ihre Axe rotirt, am spätesten in die Sonnenatmosphäre eintritt. Auf der Morgenseite hat dann der feine Stoff während des Tages schon Zeit gehabt, sich zu vertheilen oder nahe an den Pol zu ziehn, gegen Abend zu ist er noch in groſser Menge und in voller Bewegung, weswegen das Licht mehr westwärts gesehn wird. So sehr übrigens de Mairan seine Hypothese allen Einzelnheiten bei den Erscheinungen des Nordlichts anzupassen gewuſst hat, weswegen sie auch vielsei-

1 Phil. Trans. No. 195. p. 563.

2 Traité physique et historique de l'aurore boréale. Paris 1733. 4. 2me edit. 1754. gr. 4. Vergl. Mém. de Par. 1731 und die Éclaircissemens sur le traité cet. in Mém. de Par. 1748. p. 363.

Digitized by Google

tig mit groſsem Beifall aufgenommen wurde, so fand sie dennoch gewiegte Gegner an L. Euler[1] und Lambert[2], wenngleich die Einwürfe des erstern ziemlich genügend beseitigt worden sind[3]. Spätere Anhänger derselben, wie namentlich Bergmann[4], übergehn indeſs die von ihm angenommenen Gährungen, welche an sich auch überflüssig sind, da die Theile der Sonnenatmosphäre an sich schon leuchtend seyn müssen.

Nach L. Euler[5] entstehn die Nordlichter dadurch, daſs die Sonnenstrahlen durch ihren heftigen Stoſs gegen die feinern Theile der Atmosphäre, namentlich die Ausdünstungen der Erde, diese zu den groſsen, mehr als 1000 Meilen betragenden Höhen treiben, wo diese Meteore sich zeigen. Die Kometenschweife haben nach seiner Ansicht groſse Aehnlichkeit mit den Nordlichtern und müſsten einem Beobachter auf der von der Sonne abgewandten Seite dieser Himmelskörper eben so erscheinen, auch würde unsere Erde gleichfalls einen solchen Schweif durch den Stoſs der Sonnenatmosphäre erhalten, wenn die Theile ihrer Atmosphäre hierzu fein genug wären; daſs aber die Polarlichter sich gerade an den Polen zeigen, hat darin seinen Grund, daſs die Atmosphäre daselbst so lange ohne Unterbrechung von den Sonnenstrahlen getroffen wird.

Franklin zeigte zuerst, daſs der Blitz eine elektrische Erscheinung sey, und gilt daher bei einigen für den Urheber der Hypothese, wonach auch das Nordlicht elektrischer Natur seyn soll, allein Canton ist wohl der eigentliche Erfinder dieser Erklärung. Dieser näherte luftleere Glasröhren dem Conductor einer Elektrisirmaschine und nahm das eigenthümliche in denselben strömende Licht wahr, welches ihm groſse Aehnlichkeit mit dem Nordscheine zu haben schien. Nach seiner Ansicht sollte die Elektricität am Nordpole von einer Wolke zur andern strömen, dort insbesondere durch den Wechsel der Wärme und heftigen Kälte erzeugt werden, und er unterstützte diese Meinung zugleich durch die Behauptung, daſs er bei Nacht nie-

1 Mém. de l'Acad. de Prusse. 1746.

2 Opuscules mathém. T. VI. p. 333.

3 De Mairan in Mém. de l'Acad. 1747.

4 Physikalische Beschreibung der Erdkugel. Uebers. von Röhl. Th. II. S. 82.

5 Mém. de l'Acad. de Prusse. 1746.

Digitized by Google

mals Zeichen der Luftelektricität wahrgenommen habe, auſser beim Nordlichte, dann aber zugleich von vorzüglicher Stärke[1].

Das eigenthümliche Leuchten der Elektricität im luftverdünnten Raume, sowohl hinsichtlich der Färbung als auch des periodischen Aufblitzens des Lichtes, hat so viele Aehnlichkeit mit den Erscheinungen der Nordlichter, daſs Canton's Hypothese schon an sich viele Anhänger finden muſste, wenn man auch die herrschende Vorliebe, unbekannte Phänomene vorzugsweise aus der ihrem Wesen nach so räthselhaften Elektricität abzuleiten, nicht in Anschlag bringt. Man darf daher wohl mit Recht annehmen, daſs bei der leicht zu erkennenden Unhaltbarkeit der frühern Erklärungsarten diese neue bei weitem von der Mehrzahl der Physiker angenommen wurde, unter andern von Hamilton[2] und hauptsächlich Beccaria[3]. Nach der Ansicht des letztern strömt die Elektricität stets von Norden nach Süden, erhebt sich dabei in die höhern Regionen und wird dann beim Ueberströmen von einer Wolke in die andere sichtbar. Priestley[4] tritt dieser Meinung bei und meint, es habe seit ihrer Aufstellung niemand an ihrer Richtigkeit gezweifelt. Eine ins Einzelne eingehende Erklärung fügte Eberhard[5] hinzu, indem er annahm, die auf die kalte Polarluft fallenden Sonnenstrahlen könnten dieselbe nicht erwärmen, sondern bloſs erschüttern, und erregten hierdurch ihre Elektricität, die ohnehin in jenen kalten Gegenden sehr stark sey. Auch Lacépède[6] ist der elektrischen Theorie zugethan und Viano[7], hauptsächlich aber ist sie sehr ausführlich vorgetragen worden durch Bertholon de St. Lazare[8], jedoch läuft seine Erklärung im Wesentlichen darauf hinaus, daſs die Elektricität in den kalten nördlichen Gegenden sehr stark sey, sich in die höhern Regionen erhebe,

---

1 Phil. Trans. XLVIII. 356. LI. 403.

2 Philosophical Essays. Essay III.

3 Lettere dell' elettricismo. Bologna 1758. 4. p. 272.

4 Geschichte d. El. Uebers. von Krünitz. S. 211. 221. 236.

5 Hallische Intelligenzbogen von 1758. No. 49. Vermischte Abhandl. aus d. Naturlehre u. s. w. Halle 1759. 8. Th. I. S. 130.

6 Journ. de Phys. XI. 348.

7 Ebend. XXXIII. 153.

8 Journ. de Phys. XII. 359. 442. Daraus im Goth. Mag. I. 143. Am ausführlichsten in Encyclop. méth. Part. Phys. T. I. art. Aurore.

Digitized by Google

wo die Luft sehr dünn ist, und daselbst das eigenthümliche phosphorische Licht und diejenigen Farben zeige, die man im luftverdünnten Raume wahrzunehmen pflegt. Hiermit fast gleichzeitig wurde eine frühere und eine spätere Erklärung Franklin's[1] bekannt. Nach der ersteren besteht das Meer aus nicht elektrischem Wasser und aus elektrischem Salze, wovon die Elektricität sich beim Schlagen mit einem phosphorischen Lichtglanze trennt. Die Wolken der äquatorischen Gegenden nehmen diese Elektricität auf und führen sie den polarischen zu, und wenn sie dann mit den kältern und feuchten Wolken der nördlichen Zone zusammenkommen, so lassen sie ihre Elektricität mit einem Lichtglanze überströmen. Späterhin nahm er gleichfalls auf die Strömungen der Luft vom Aequator nach den Polen und umgekehrt Rücksicht und hielt das dunkle Segment für verdichtete Polarluft, im Ganzen aber wird nach seiner Ansicht das Nordlicht durch das Ueberströmen der Elektricität von einer Wolke zur andern erklärt.

Diese elektrische Theorie zur Erklärung des Nordlichts ist bis auf die neuesten Zeiten herab als die am meisten herrschende angenommen worden, indem sie von den einzelnen Physikern nur unbedeutend hinsichtlich der Erklärung des Ursprungs jener hell glänzenden Elektricität u. s. w. modificirt wurde. Harvieu[2] beobachtete ein sehr schönes Nordlicht am 26. Sept. 1798 und meinte hiernach, dafs die Hypothese Bertholon's vollkommen zur Erklärung aller Einzelnheiten des Phänomens genüge, blofs den einen Satz könne er nicht annehmen, nämlich dafs die Richtung der elektrischen Strömungen von S. nach N. stattfinden sollte. Statt dessen nimmt er an, die Elektricität habe um so viel mehr Kraft, je geringer die Wärme sey, indem letztere oft ihre Stelle auf der Oberfläche der Körper einnehme. Es werde daher durch die tägliche Erwärmung der Erde Elektricität erzeugt und durch die Sonnenstrahlen gegen die Pole gedrängt, von wo aus sie sich am Abend durch südliche Strömung wieder ins Gleichgewicht

---

1 Experiments and observations on Electricity. Lond. 1769. 4. Works T. II. p. 367. Journ. de Phys. XII. 409. Daraus in Sammlungen zur Physik und Naturgeschichte Th. II. S. 249. Ueber diese ältern Meinungen s. das Nordlicht u. s. w. von M. Behn. Lübeck 1770. 8. Cotte mém. sur la météor. T. I. p. 320.

2 Journ. de Physique XXXVI. 440. Daraus in Gren's Journ. III. 495.

setze. Fände sie hier dann Widerstand durch die trockne Luft, so müsse sie daselbst auf die mannigfaltigste Weise circuliren und die beim Nordlichte wahrnehmbaren Gestalten erzeugen. Lichtenberg[1] meint, die nördlichen Polarlichter möchten wohl positiv, die südlichen dagegen negativ elektrisch seyn, weil diese weniger starke und lange Strahlen schieſsen, als jene. J. T. Mayer[2] pflichtet der Erklärung Franklin's bei und meint, die Abweichung derselben nach Westen werde wohl durch die gröſsere Kälte des nördlichen America's bedingt, indem die groſsen Eismassen, über denen sie erzeugt würden, für unsere Gegenden mehr westlich lägen. Das dunkle Segment hält er übrigens nicht für verdichtete Polarluft, sondern für Dünste im Horizonte, die jedem Beobachter den untern Theil des Meteors bedeckten und daher die Gestalt des leuchtenden Bogens zeigten, der Bogen selbst aber, welcher nicht allezeit vollständig gebildet erscheint, beruht nach ihm auf einer optischen Täuschung, die dadurch entsteht, daſs die dunstige Luft am nördlichen Horizonte viel dünnes, streifiges Gewölk enthält, welches in der Richtung von O. nach W. mit dem Horizonte parallel läuft. Nach Lampadius[3] wird die Anhäufung der Luftelektricität in den Polargegenden durch die groſse Kälte und Trockenheit der dortigen Atmosphäre bedingt, welche eben so wenig als die aufgehäuften Eismassen ihr eine Ableitung darbiete. G. G. Schmidt[4] hält die groſse Aehnlichkeit des Polarlichtes mit der Elektricität im luftverdünnten Raume für hinlänglich entscheidend, um das Phänomen für ein elektrisches zu halten, ohne daſs er es jedoch wagt, eine bestimmte Meinung über den Ursprung jener angehäuften Elektricität auszusprechen. Am ausführlichsten hat endlich Hube[5] den Ursprung der Nordlichter zu erklären versucht. Nach seiner Ansicht

---

1 Comm. Soc. Reg. Gott. 1778. T. I. p. 78.

2 Lehrbuch über die physische Astronomie, Theorie der Erde und Meteorologie. Gött. 1805. S. 318 ff.

3 Systematischer Grundriſs der Atmosphärologie. Freiberg 1806. 8. S. 81.

4 Handbuch d. Naturlehre. Gieſsen 1813. Th. II. S. 769.

5 Ueber die Ausdünstung. Leipzig 1790. 8. S. 298 ff. Die Hypothese von Behrens, wonach das Phänomen durch elektrisch gewordene und herabsinkende Schneetheilchen erklärt werden soll, mag nur im Vorbeigehn erwähnt werden. G. XXIII. 30.

Digitized by Google

bringen Kälte und Nebel unter den Polen eine starke Luftelektricität hervor, welche das nichtleitende Eis nicht abzuleiten vermag und die daher nach oben in die Regionen der dünnern Atmosphäre entweichen muſs. Hauptsächlich geschieht die Anhäufung derselben über den ungeheuern Eismassen an der sibirischen Küste, indem Cranz versichert, die groſsen Nordlichter stets in Ost oder Südost gesehn zu haben. Die Mittheilung der Elektricität von oben herab bewirkt dann Niederschläge, daher folgen in nördlichen Gegenden heitere Witterung, in südlichern aber trüber Himmel und Wolken auf dieselben. Die Wolken haben oft eine auffallende Aehnlichkeit mit den Nordlichtern, und daſs die letztern elektrischer Natur sind, geht schon aus der Vermehrung der Luftelektricität bei ihrem Erscheinen hervor. Die groſsen Nordlichter haben daher ihren Sitz an den sibirischen Küsten, wo sie Gmelin so hell leuchtend und in überwiegender Menge beobachtete, kleinere ähnliche Erscheinungen aber kommen überall vor[1].

Vor Erwähnung der neuesten magnetischen oder elektromagnetischen Theorie muſs noch einer andern gedacht werden, welche sich von den frühern bis in die neuesten Zeiten erhalten hat. Die älteste Hypothese, daſs das Nordlicht durch Verbrennung von Dünsten entstehe, die man schwefelige oder alkalische oder säuerliche nannte, kann wohl nicht füglich eine Theorie genannt werden, weil die eigentliche Beschaffenheit der verbrennenden expansibeln Flüssigkeiten überall nicht bestimmt angegeben ist, sie wurde daher als werthlos wenig beachtet, bis die neuern Gelehrten das Wasserstoffgas als die eigentliche verbrennende und hierdurch leuchtende Substanz angaben. Kirwan[2] gab zuerst eine vollständigere Darstellung

---

1 Die sämmtlichen Hypothesen über die Ursachen einer Anhäufung der Elektricität in den Polargegenden anzuführen scheint mir überflüssig. Unter a. s. American Journ. of Sc. 1827. Jul. Daraus in Bibl. univ. 1830. Mars. p. 283. und Wiener Zeitschr. VIII. 110. Auch Schübler hält das Nordlicht für eine elektrische Erscheinung, welche durch die Anhäufung der Elektricität in den nördlichen Polargegenden erzeugt werde, indem die Luftelektricität nicht bloſs im Winter, also auch in der Kälte, stärker sey, sondern auch dort durch feuchte Luft nicht abgeleitet werde. S. Grundsätze der Meteorologie S. 159.

2 Trans. of the Royal Irish Acad. 1788. T. II. Daraus in Gren's Journ. IV. 87.

dieser Hypotheſe. Nach ihm erzeugen Fäulniſs, Vulcane und andere Urſachen, hauptſächlich in der äquatoriſchen Zone, eine Menge Waſſerſtoffgas, welches ſeiner Leichtigkeit wegen in die Höhe ſteigt und den Polargegenden zuſtrömt, woſelbſt es durch den elektriſchen Funken entzündet werden ſoll. Eine Unterſtützung findet dieſe Anſicht in dem Umſtande, daſs gewöhnlich ſtarke ſüdliche Winde auf das Nordlicht folgen ſollen, weil die Maſſe der Luft im Norden beträchtlich vermehrt wird. Ferner ſoll die allgemeine Luftſtrömung vom Aequator nach den Polen über America ſtärker und daher ſollen die Nordlichter dort häufiger ſeyn. Niemand hat ſich über den Zuſammenhang der Nordlichter mit der Witterung beſtimmter erklärt, als Wynn[1], welcher verſichert, im engliſchen Canale ſeine Beobachtungen angeſtellt zu haben, wo er durch die Vorbedeutung der Nordlichter oft den Gefahren entgangen ſey, denen andere unterlagen, wodurch alſo die Kirwan'ſche Hypotheſe eine bedeutende Unterſtützung erhalten müſſe.

Unter den Anhängern dieſer Theorie kann Alex. Volta[2] genannt werden, welcher es denkbar findet, daſs dieſe Gasart, welche in groſser Menge auf der ganzen Oberfläche der Erde und aus dem Waſſer erzeugt wird, vermöge ihrer Leichtigkeit aufſteigen, ſich in den obern Regionen erhalten und durch die Schwungkraft dort aufgehäuft werden müſſe, demnächſt aber verbrennend das Nordlicht erzeuge. Inzwiſchen deuten andere Ausdrücke dieſes Gelehrten an, daſs er auf dieſe Conjectur ſelbſt keinen groſsen Werth legte und im Ganzen der elektriſchen Theorie den Vorzug gab. Patrin[3] dagegen iſt ein entſchiedener Anhänger der Kirwan'ſchen Hypotheſe. Auch nach ſeiner Anſicht ſammelt ſich das Waſſerſtoffgas durch die normalen, in den höhern Regionen der Atmoſphäre ſtattfindenden Luftſtrömungen um die Pole der Erde an und würde hier den lebenden Weſen gefährlich werden, wenn es nicht durch den elektriſchen Funken entzündet im Nordlichte verbrennte. Auf gleiche Weiſe wird dieſe Meinung auch ſonſt verſchiedentlich durch die beiden, jedoch keineswegs vollſtändig erwieſenen, That-

1 Phil. Trans. 1774. T. LXXIII. p. 128.

2 Briefe über die entzündbare Luft der Sümpfe. Aus d. Ital. von Köſtlin. Straſsb. 1778. 8. Br. 5.

3 Biblioth. Britann. XLV. 89.

sachen unterstützt, nämlich daſs die Nordlichter ein Getöse verursachen und allezeit oder meistens Südwinde zur Folge haben[1]. Little[2] verbindet zwei Meinungen, indem er annimmt, die Elektricität verbreite sich in den höhern Regionen der dünnen Atmosphäre, ihr Licht werde jedoch durch verbrennendes Wasserstoffgas recht sichtbar, Libes[3] aber leitete anfangs bloſs das zischende Getöse von verbrennendem Wasserstoffgas ab, das Licht dagegen betrachtete er als elektrisches, später jedoch hat er eine sehr künstliche Erklärung des ganzen Phänomens aufgestellt, die sich kaum in kurzen Worten mittheilen läſst[4]. In der Hauptsache stützt er sich auf die Erfahrung, daſs der elektrische Funke beim Durchgange durch atmosphärische Luft Salpetergas erzeugt, welches als dunkelbraunrother Dampf erscheint und daher den diesem ähnlichen Theil des Nordlichts bilden soll. Auſserdem finde sich unter den Polen und in der Umgegend derselben gar kein Wasserstoffgas, sondern dieses bleibe unter niedern Breiten, werde aber entzündet, wenn der elektrische Funke von den Polargegenden dasselbe erreiche u. s. w. Die ganze Hypothese ist nie sehr beachtet worden und hat auf jeden Fall keine Anhänger erhalten, beides aus leicht begreiflichen Ursachen.

Einen desto gewichtigern Vertheidiger hat Kirwan's Theorie neuerdings an Parrot gefunden. Dieser unterstützte dieselbe schon früher[5] durch das gewichtige Argument, daſs nach einfachen Berechnungen Millionen Kubikfuſse Wasserstoffgas von der Erde aufsteigen, ohne daſs bis jetzt irgend jemand nachzuweisen vermochte, wo dasselbe bleibt, später aber zeigte er, wie vielfache, durch Baron v. Wrangel beobachtete Einzelnheiten auf diese Weise am einfachsten erklärbar seyen[6]. Die groſse Menge des aufsteigenden, mit andern Substanzen verunreinigten Wasserstoffgases läſst sich leicht nachweisen,

1 Edinb. Mag. 1824. Jul. p. 49.
2 Irish Trans. T. VI. p. 387.
3 Journ. de Ph. XXXVIII. 191.
4 Nouveau Dict. de Phys.
5 Theoretische Physik. Th. III. S. 495.
6 Physikalische Beobachtungen des Capitain-Lieutenant Baron v. Wrangel u. s. w. von G. F. Parrot. Berl. 1827. 8. S. 83. Recueil des actes de la séance publique de l'Académie impér. des Sc. de St. Petersb. 1828. p. 49.

Digitized by Google

selbst wenn man in Folge eudiometrischer Versuche zugiebt, daſs es vielleicht nicht mehr als 0,0001 der atmosphärischen Luft beträgt und also durch kein Eudiometer aufzufinden ist. Das Aufsteigen desselben soll in Form von Säulen geschehn, welche ihre Gestalt im Ganzen beibehalten, durch die Luftströmung vom Aequator nach den Polen getrieben werden und vermuthlich durch die enorme Kälte in jenen Höhen von etwa 20 geographischen Meilen eine eigenthümliche Verdichtung erleiden, damit ihre bekannte specifische Leichtigkeit sie nicht fortwährend in gröſsere Höhen treibe. Die Richtung dieser Säulen, auf deren Bewegungen so viele und verschiedene Ursachen wirken, muſs in einem hohen Grade mannigfaltig seyn, einige können sogar horizontal zu liegen kommen, bevor sie keinen weitern Störungen unterworfen an den Ort ihrer Verbrennung gelangen, und diese geben dann den Schein der im Innern des Segments aufsteigenden und oft dessen obere Grenze nicht überschreitenden Säulen. Zur Erleichterung der Uebersicht dieser Bedingung wird dann noch hinzugesetzt, daſs dieselbe überhaupt nicht eben als schwierig erscheine, indem die Ursache des Nordlichts eine Ansammlung von Wasserstoffgas sey, wie die der Wolken von Wasserdampf; allein gerade der Umstand, daſs es so seyn müſste und daſs zwischen beiden dennoch höchst auffallende Unterschiede vorwalten, hat die Physiker bis jetzt abgehalten, dieser sonst sinnreichen Hypothese beizupflichten. Schlimm bleibt in voraus der Umstand, daſs die zu Hülfe genommene eigenthümliche Verdichtung des Wasserstoffgases durch sehr hohe Kältegrade, vermöge deren es mit der umgebenden Luft ins Gleichgewicht kommen soll, der Natur einer an sich so leichten Gasart am meisten zuwider ist, allein es scheint mir, daſs man hierauf keinen groſsen Werth legen müsse. Die Atmosphäre ist nämlich begrenzt und bei ihrer auſserordentlichen Dünne in jenen bedeutenden Höhen könnte immerhin eine mehrere Meilen hohe Schicht von Wasserstoffgas als die oberste zur Erklärung des Nordlichts angenommen werden, zumal wenn man das Dalton'sche Gesetz als gültig anerkennen wollte. Allein die Hauptschwierigkeiten erheben sich von ganz andern Seiten her. Der Wasserdampf steigt aller Orten auf, wird aber auch überall in der Atmosphäre gefunden, statt daſs man vom Wasserstoffgas nirgends eine Spur entdeckt. Soll dieser Einwurf durch die Annahme einer allgemeinen Verbreitung

Digitized by Google

desselben beseitigt werden, so ist dieses allerdings mit der Erfahrung übereinstimmend, wonach die Gasarten sich innig vermengen; dann aber fehlt die Ursache, welche diese allgemein verbreiteten Theile, dem Verhalten der Gasarten zuwider, nachmals zu vereinigen vermöchte, wonach also das Aufsteigen und Fortströmen des Wasserstoffgases in Säulenform von selbst unzulässig wird. Es läſst sich ferner von dem Explodiren kleiner Quantitäten von Wasserstoffgas nicht mit vollkommener Sicherheit auf das Verbrennen so groſser Massen schlieſsen, allein als sichere Erfahrung darf es betrachtet werden, daſs jene Gasart bei der Berührung sich sofort mit Sauerstoffgas mengt, denn der geringste Antheil des einen wird sich sogleich in der gröſsten dem Versuche möglichen Menge der letzteren verbreiten, wovon die Explosionen des Leuchtgases und der schlagenden Wetter Beispiele im Groſsen darbieten. Jedes solches Gemenge verbrennt dann nach der Entzündung in einem unmeſsbar kleinen Zeitraume, und es ist ganz unmöglich, diejenigen Ursachen aufzufinden, welche eine mehrstündige, ja sogar bis drei Tage lange Dauer der Nordlichter und das zuweilen stundenlange Feststehn eines leuchtenden Bogens zu bedingen vermöchten. Endlich aber, wenn man auch nicht in Anschlag bringt, daſs Explosionen von Knallgas in so groſsem Maſsstabe und in solcher Nähe, als worin einige Nordlichter unleugbar namentlich durch Capt. Franklin und seine Begleiter beobachtet worden sind, nothwendig ein gröſseres Getöse verursachen und eine bedeutendere Menge Wasserdampf erzeugen müſsten, als sich beim Nordlichte nachweisen lassen, bleibt vor allen Dingen ganz unerklärt, warum die Nordlichter die magnetischen Pole der Erde umlagern, da es ohnehin schon sehr kühner und kaum aufzufindender Hypothesen bedarf, um die Möglichkeit nachzuweisen, daſs das Wasserstoffgas zuvor den Polen zuströmt, ehe es entzündet wird.

Parrot ist ein zu sehr erfahrner Physiker, als daſs ihm diese Einwürfe entgangen seyn sollten, mit Ausnahme des letzten, welcher jedoch hauptsächlich auf den Resultaten der durch die neuesten Reisenden angestellten Beobachtungen beruht. Er sucht dieselben daher durch die bereits erwähnte Hypothese zu beseitigen, daſs das durch Kälte eigenthümlich condensirte Wasserstoffgas herabsinke und die einem andern Gesetze der Condensation folgende atmosphärische Luft davon trenne. Da,

wo dann die gröſste Menge desselben zusammenflieſst, wird der eigentliche Herd des Nordlichts, der Kern desselben, gebildet, indem nach der einmal durch Sternschnuppen geschehenen Entzündung die Masse des Gases nur allmälig an ihrer Oberfläche verbrennt und die allseitig herbeiströmenden Säulen an dieser entzündet werden, deren einige noch atmosphärische Luft beigemengt enthalten, daher bei schnellerer Verbrennung die Erscheinung des momentanen Aufschieſsens erzeugen. Allein wenn man auch die keineswegs erwiesene eigenthümliche Condensation des Wasserstoffgases durch Kälte zugeben wollte, so streitet es abermals gegen alle Erfahrung, daſs dann die leichtere atmosphärische Luft ausgeschieden werden und aufsteigen sollte, da im Gegentheil die verschieden specifisch schweren Gasarten beim Zusammenkommen sich mengen, selbst ihren specifischen Gewichten entgegenströmend, so daſs eine diesem bekannten Verhalten entgegengesetzte Hypothese allzuwenig begründet erscheinen muſs. Aber gesetzt man wollte auch diese einmal zugeben, so würde eben dadurch eine neue Schwierigkeit erzeugt werden. Da nämlich das Wasserstoffgas den angenommenen Bedingungen nach stets aufsteigt und die vom Aequator nach den Polen hin gerichteten Luftströmungen zwar der Regel nach, aber nicht stets und ohne Ausnahme stattfinden, die Gasart also oft eben so leicht selbst 100 Meilen lothrecht aufsteigen, als etwa 1000 Meilen horizontal flieſsen kann, so müſste sie nothwendig schon wegen dieses noch immer zu kleinen Verhältnisses von 1 zu 10 in Regionen kommen, wo die sehr geringe Temperatur jene angenommene Verdichtung zu bewirken vermöchte. Gesetzt auch, sie verweilte daselbst nicht lange genug, damit alle atmosphärische Luft sich von ihr trennen könnte, so wäre sie ebendadurch zur Entzündung so viel mehr geeignet, und es bleibt dann ganz unbegreiflich, warum sie nicht an allen Orten im Himmelsraume entzündet werden und die Erscheinung des Nordlichts darbieten sollte. Es ist eigen, daſs man dieses Argument gleichsam umkehren und auch dann abermals gegen die Theorie benutzen kann. Franklin und seine Begleiter haben Nordlichter beobachtet, welche entschieden nicht höher als etwa 1000 Toisen waren und bei einer Temperatur von kaum —5° R. Wir wollen indeſs beide Gröſsen verdoppeln, so befanden sie sich in einer Temperatur von —30° R., wenn wir 100 Toisen Höhe für die Wärmeabnahme von

1° R. rechnen. Wenn also diese Temperatur hinreicht, um das Wasserstoffgas so weit zu verdichten, daſs es schwerer wird, als die atmosphärische Luft, so muſs man billig fragen, warum weder Franklin noch Parry bei Temperaturen von — 30 und sogar — 40° R. jemals wahrnahmen, daſs das Wasserstoffgas sich bis in ihre Umgebung herabsenkte und dort durch so manche dargebotene Gelegenheiten entzündet wurde. Weil endlich das durch hohe Kältegrade condensirte Wasserstoffgas so lange herabsinken muſs, bis die wachsende Temperatur dasselbe mit der atmosphärischen Luft zum Gleichgewichte bringt, so folgt hieraus, daſs die Nordlichter im Sommer und bei geringerer Kälte höher seyn müſsten, als im Winter, was jedoch gleichfalls der Erfahrung widerstreitet[1].

Die Ausführlichkeit, womit ich die Gründe gegen die so eben geprüfte Hypothese hauptsächlich aus ihr selbst zu entnehmen gesucht habe, wird leicht Entschuldigung finden, wenn man berücksichtigt, daſs sie von zwei berühmten Physikern vertheidigt worden ist und bei der Erklärung eines auf jeden Fall höchst schwierigen Problems zugleich nachweist, wo die groſse Menge des stets aufsteigenden Wasserstoffgases endlich bleibt. Daſs die Entzündung des letztern durch Sternschnuppen geschehn soll, ist eine Hypothese, die sich nicht widerlegen läſst, weil dieselben so zahlreich sind, daſs die verhältniſsmäſsig so seltenen Nordlichter ihnen füglich ihren Ursprung verdanken könnten; Baron v. Wrangel's Beobachtungen hierüber sind oben bereits erwähnt worden. Die Erklärung der Kronen findet Parrot selbst sehr schwierig, meint aber, sie würden erzeugt durch zufällig angehäufte gröſsere Massen Wasserstoffgas, welche auf ihrer von Süden nach Norden gerichteten Strömung durch eine vom Kerne des Nordlichts ausgehende, bis zu ihnen reichende und schnell verbrennende Säule Wasserstoffgas von minderer Reinheit entzündet würden und sich nach allen Seiten kreisförmig zerstreuten, wie etwa der Rauch eines verpuffenden Bläschens Phosphorwasserstoffgas. Ein solcher Zufall muſs allerdings selten kommen, wie denn die Kronen auch nicht häufig

1 Es sey mir erlaubt zu bemerken, daſs nach Parrot das Wasserstoffgas 20 geogr. Meilen aufsteigen und einer Temperatur von — 760° oder mindestens — 338° C. ausgesetzt seyn soll; allein dieses widerstreitet den Erfahrungen über die Höhen der Nordlichter.

Digitized by Google

sind, allein dennoch giebt diese Erklärung dem bereits erwähnten Argumente gröſseres Gewicht, warum nämlich solche Massen nicht öfter unter allen Breiten entzündet werden und das Phänomen der Nordlichtkronen zeigen. Aber auch ohne dieses entsteht ein neuer Einwurf aus dem Umstande, daſs die Kronen sich allezeit wenige Grade vom Zenith und, wenn auch nicht genau, doch sehr nahe in der Verlängerung der Neigungsnadel zeigen.

Es ist bereits oben erwähnt worden, daſs man schon in frühen Zeiten einen Zusammenhang zwischen den Nordlichtern und dem Magnetismus, namentlich in Beziehung auf die Lage des Nordlichtbogens und die Richtung der Abweichungsnadel, desgleichen des Orts der Krone und die verlängerte Axe der Neigungsnadel wahrgenommen hatte, so daſs Halley das Nordlicht selbst für die Wirkung magnetischer Strömungen aus beiden Erdpolen erklärte. Dieser Ansicht steht jedoch das unüberwindliche Hinderniſs im Wege, daſs der Magnetismus bis jetzt nie die geringste Spur einer Lichterscheinung dargeboten hat, die dem Nordscheine auf jeden Fall wesentlich zugehört, weswegen denn die spätern, den Magnetismus berücksichtigenden Hypothesen insgesammt modificirt sind. Unter diesen verdienen insbesondere drei erwähnt zu werden, die von Dalton, Biot und Hansteen.

Dalton[1] gilt als der eigentliche Erfinder dieser Theorie und ist durch seinen Scharfsinn der Entdeckung des Elektromagnetismus somit vorausgeeilt. Durch ihn ist es übrigens bekannt geworden, daſs die nämliche Idee schon früher geäuſsert worden war[2], jedoch nur als allgemeine Vermuthung und ohne die Einzelnheiten des Nordlichtphänomens aus einer bestimmt ausgesprochenen Hypothese abzuleiten. Nach der Meinung Dalton's besteht das Nordlicht aus einzelnen Cylindern magnetischer Materie, welche in ungleichen Höhen und parallel mit der Richtung der Neigungsnadel schwebend allerdings die Phänomene der Bögen und Säulen durch optische Bedingungen erzeugen könnten, indem sie insgesammt in einem durch die ver-

1 Meteorological observations and essays. London 1793. p. 54. 153.

2 Mathematical, geographical and philosophical delights cond. by Whiting. Lond. 1792. No. 1.

Digitized by Google

längerte Axe dieser Nadel gegebenen Puncte zu convergiren scheinen müſsten. Die magnetische Materie ist nach ihm ferner nicht selbst leuchtend, sondern das Licht wird erzeugt durch die sie durchströmende Elektricität, welche ihre sonstigen Eigenschaften etwas abändert. Dalton meint, daſs alle von ihm seit 1793 bis 1801 beobachtete Nordlichter diese Hypothese vollkommen bestätigten[1]; inzwischen muſs man doch bekennen, daſs die ganze Hypothese auf keine einzige ausgemachte Thatsache gebaut ist. Die Richtung der Neigungsnadel wird nämlich durch die Anziehung der terrestrischen Magnetpole gegeben, aber hieraus folgt nicht, daſs eine wirkliche magnetische Materie in dieser Richtung strömend oder schwebend auf der Erde vorhanden ist, noch weniger aber läſst sich irgend eine Thatsache zum Beweise dafür beibringen, daſs diese zugleich der Elektricität zum Leiter dienen könne oder müsse, indem die Elektricität noch obendrein hier zu Hülfe gerufen wird, ohne zuvor ihren Ursprung und ihr plötzliches Vorhandenseyn nachzuweisen.

Biot[2] hat diese Hypothese weiter entwickelt. Nach ihm befindet sich das Nordlicht in unserer Atmosphäre und besteht aus leuchtenden Strahlen, wobei es jedoch nothwendig ist, wenn die verschiedenen Formen erklärt werden sollen, auf die Perspective Rücksicht zu nehmen, wie unter andern auch die durch ein Gewölk fallenden Strahlen der Sonne nach einem Puncte zu convergiren scheinen, obgleich sie parallel sind. Indem also die Strahlen des Nordlichts stets gröſste Kreise am Himmelsgewölbe zu beschreiben scheinen und ihre Richtung nach demjenigen Puncte hin nehmen, nach welchem eine ganz frei schwebende Magnetnadel hinweist, so muſs man sie in der Wirklichkeit für cylindrisch und dieser Nadel parallel halten. Weil sie ferner in ihrer ganzen Länge Ungleichheiten des Lichts und der Dicke zeigen, so muſs man sie als zusammengesetzt aus einer Menge kürzerer Cylinder betrachten, und das Nordlicht im Ganzen besteht also aus einem Walde leuchtender Säulen, die insgesammt der mittlern Richtung der magnetischen Kräfte, also auch unter einander parallel sind, in der Luft in fast gleicher

1 Mem. of the Soc. of Manchester. T. V. p. 666 ff.

2 Journ. de Phys. XCIII. 5. 98. Auch im Journ. des Savans 1820. p. 341. 360. und daraus in G. LXVII. 1. 173.

Höhe schweben und nach den Regeln der Perspective die dem Nordlichte eigenthümlichen Formen erzeugen, wie unter andern die Krone mit den allseitig scheinbar von ihr ausgehenden Strahlen, wenn sie über das Zenith hinausgehend zu demjenigen Puncte gelangen, nach welchem die Spitze der Neigungsnadel hinweist. An diese meistens noch Dalton'schen Sätze knüpft Biot die ihm eigenthümlichen Hypothesen. Hiernach sind die Nordlichter ganz eigentliche, in der Regel aus Norden kommende Wolken aus feinen, lange in der Luft schwebenden Theilchen, die der Beleuchtung fähig, vorzüglich aber für den Erdmagnetismus empfindlich sind und durch diesen sich in Säulen ordnen. Es giebt indeſs keine andere Substanzen dieser Art, auſser metallische, und aus solchen muſs daher das Nordlicht bestehn, die dann ihrer Natur nach die verschiedenen Elektricitäten aus den ungleich hohen Luftschichten mit einem bei unterbrochener Leitung stets vorhandenen Leuchten herabführen, ohne Geräusch, so lange die Luft verdünnt ist, aber mit einem Getöse, sobald dieselbe die untern isolirenden Lagen der Atmosphäre durchbricht. Die eigentlichen magnetischen Theilchen des Meteors können also vorhanden seyn und auf die Magnetnadel wirken, ohne daſs sie leuchten; auch kann das elektrische Licht an manchen Stellen stärker zum Vorschein kommen, das ganze Phänomen muſs aber nach Süden hin abnehmen, weil da die Cylinder eine mehr horizontale Lage erhalten und die gröſsere Feuchtigkeit der Luft die Elektricität stärker ableitet. Auſser dieser allgemeinen Masse sollen jedoch die Nordlichter noch einzelne kleine, phosphorisch leuchtende aussenden.

Biot meint, bis so weit sey alles reine Thatsache, was jedoch in Beziehung auf die Anwesenheit der metallischen Substanzen und ihres Magnetismus, wenn sie in dampf- oder dunstartiger Feinheit vorhanden seyn sollen, unmöglich jemand sofort zugeben wird. Als rein factisch betrachtet er ferner, daſs die Materie der Nordlichter bloſs unter hohen Breiten ihren Ursprung habe und von hier aus den niedern zugeführt werde, ja daſs die Richtung der Abweichungsnadel überall auf einen nordwestlich von Grönland und etwas nördlich von der Baffinsbai liegenden Punct hinweise, von welchem aus alle Nordlichter ausgehn müssen. Durch nicht allzuwohl begründete Combinationen deutet er dann darauf hin, daſs die nördliche Erdzone sehr allgemein mit Vulcanen umgeben sey, beschreibt, welche

Digitized by Google

groſse Massen, namentlich von Asche, durch die isländischen Vulcane emporgeschleudert werden, deutet darauf hin, daſs 1783 ganz Europa aus dieser Quelle mit einem trocknen Nebel überdeckt wurde, und folgert dann aus allem diesen, daſs die Materie des Nordlichts aus ähnlichen vulcanischen Producten bestehn könne. Gegenwärtig fühlt indeſs jeder, daſs dieser letztere Theil der Theorie gewiſs nicht aufgestellt wäre, wenn man damals schon die Resultate der neuesten englischen Entdeckungsreisen gekannt hätte, obgleich es dennoch auffallend seyn muſs, daſs Biot die so nahe vorliegende Frage gar nicht berücksichtigt hat, warum das ganz vulcanische Island nicht vielmehr den eigentlichen Herd der Nordlichter abgiebt, oder mindestens gleichfalls einen solchen, falls es denkbar ist, daſs irgendwo im höhern Norden noch gröſsere und dennoch ganz unbekannt gebliebene vulcanische Thätigkeiten sich vereinigt fänden. Warum die Cylinder weiter nach Süden eine horizontale Lage erhalten sollen, wie es möglich sey, daſs einzelne Nordlichter über eine Zone von mehr als 100 Längengraden gleichzeitig gesehn wurden, aus welchen Gründen sie in Sibirien und Nordamerica so häufig sich zeigen, diese und zahlreiche andere Fragen bieten eben so viele unüberwindliche Schwierigkeiten gegen die aufgestellte Hypothese dar.

Hansteen giebt eine auf die Einzelnheiten des ganzen Phänomens sich beziehende Erklärung und eine Hypothese über das eigentliche Wesen desselben. Den ersten Entwurf hierzu theilte er nur gelegentlich als Anmerkung zu der Nachricht von der Wiederauffindung der Ostküste Grönlands durch Scoresby mit[1], späterhin verbesserte er diesen selbst und erläuterte das Ganze durch einige Figuren, die mir jedoch zum Verständniſs nicht gerade nothwendig zu seyn scheinen[2]. Nach seiner Ansicht besteht das Nordlicht aus einer groſsen Menge unter einander paralleler, in der Richtung der Neigungsnadel aufsteigender Strahlen oder Lichtcylinder, wie Dalton meint, die in einer

---

1 Magazin for Naturvidenskaberne. Aargang 1824. 1. Hft. p. 85. Aufgenommen in Edinb. Phil. Journ. XXIII. 83. XXIV. 235. Uebersetzt mit Anmerkungen von Kämtz in Schweigger's Journ. N. R. XVI. 188 ff.

2 Phil. Magaz. and Ann. T. II. p. 338. Daraus in Schweigger's Journ. N. R. XVIII. 360.

Digitized by Google

bedeutenden Entfernung von einander sind. Die Richtungen dieser Strahlen liegen in einem Kreise, dessen Mittelpunct der jedesmalige Magnetpol der Erde ist, und zwar gehören die meisten Nordlichter den beiden stärkern Polen der magnetischen Erdaxe in Nordamerica und in Neuholland zu. Ist das Auge des Beobachters gegen das magnetische Zenith (den in der verlängerten Richtungslinie des Südpols der Inklinationsnadel liegenden Punct) gerichtet, so läuft die Gesichtslinie mit diesen Strahlen parallel und man erblickt das blaue Himmelsgewölbe, nach jeder andern Richtung stöſst aber die Gesichtslinie auf mehrere hintereinander liegende Strahlen und erblickt also den Lichtschein, wobei jedoch, um die Form des Bogens und das dunkle Segment unter demselben zu erklären, noch angenommen werden muſs, daſs die Lichtcylinder kurz und unten, wo sie von der Erde aufsteigen, nicht leuchtend sind, im Gegentheil sollen sie die Atmosphäre bei ihrem Durchgange durch dieselbe verdunkeln und erst an der Grenze derselben leuchtend werden, wodurch dann nicht bloſs das dunkle Segment, sondern auch der Umstand eine Erklärung erhält, daſs die an sich heitere Luft beim Nordlichte sich in schnell folgenden Wechseln oft beträchtlich trübt, welches Hansteen als die wahrscheinliche Folge einer Verdichtung des vorhandenen Wasserdampfes betrachtet.

Aus diesen Voraussetzungen lassen sich, wie ich glaube, alle verschiedene Erscheinungen beim Nordlichte sehr gut erklären. Es folgt nämlich zunächst, daſs jeder Beobachter, wie beim Regenbogen, ein besonderes Nordlicht sieht, insofern seine Gesichtslinien nach eigenthümlichen Lichtstrahlen gerichtet sind. Am Horizonte müssen ferner die Lichtstrahlen aufzuschieſsen scheinen und, so wie sie höher steigen, sich zu einem Bogen vereinigen, welcher mit der Höhe schmaler und minder leuchtend wird, wenn ihn nicht die trübere Luft in der Nähe der Erdoberfläche unten verdunkelt. Gar keine Schwierigkeiten bieten die einzeln sich zeigenden Lichtsäulen dar und die Lichtblitze, welche an den unterschiedenen Stellen des Bogens oft mit groſser Schnelligkeit emporsteigen, bloſs die Bildung der Nordlichtkrone scheint mir aus dieser Hypothese nicht erklärlich zu seyn und ich nehme daher um so lieber alles zusammen, was Hansteen darüber aufstellt. Er sagt: Aus der vom Pole abwärts gewendeten Seite des Bogens strömen Lichtsäulen in fast senkrechter Richtung auf denselben bis zum Zenith hinauf,

und wenn diese so groſs sind, daſs sie sich weit über das Zenith hinaus nach Süden erstrecken, so bilden sie in der Nähe des Zeniths eine Art Glorie oder Krone. Die Entfernung derselben vom südlichen Horizonte kommt genau der Neigung des Beobachtungsortes gleich, so daſs also der Südpol der Neigungsnadel genau gegen die Mitte der Krone gerichtet ist. Bei der Bildung derselben zeigt sich das Nordlicht in seiner schönsten Pracht, indem das Himmelsgewölbe das Ansehn einer glänzenden, von verschiedenfarbigen Lichtsäulen getragenen Kuppel hat. Die Krone scheint der Vereinigungspunct der aus dem Bogen aufsteigenden Lichtstrahlen zu seyn[1] und ihre Bildung kann nur durch die Annahme erklärt werden, daſs die Lichtstrahlen von der Oberfläche der Erde in einer Richtung ausstrahlen, welche mit der Neigung der Magnetnadel, also mit der Resultirenden der magnetischen Kräfte der Erde parallel läuft[2]. Nehmen wir nun an, daſs eine Ebene den Himmel im magnetischen Zenith erreicht und daſs die Lichtsäulen in einer Richtung ausfahren, welche senkrecht auf dieser Ebene steht, so begreift man, wie die Bildung der Krone, in welcher sich alle diese Strahlen zu sammeln scheinen, möglich ist. Die Strahlen, welche aus dem Bogen gegen das Zenith zu schieſsen scheinen, gehn nicht in aller Strenge von dem leuchtenden Ringe aus, noch sind sie zu Lichtsäulen verbunden, sondern jeder von ihnen ebensowohl, als der Ring selbst, besteht aus einer groſsen Anzahl von kurzen Lichtcylindern, welche eng an einander liegen und fast parallel sind[3]. Man kann dieses versinnlichen, wenn man einen Globus so stellt, daſs seine Axe 18 bis 20 Grade von der auf den Horizont perpendiculären Linie abweicht; die Meridiane stellen dann die scheinbare Richtung der Lichtcylinder und der Parallelkreis in 80° oder der Pol selbst die Krone dar. So wird jeder Beobachter die Krone in seinem magnetischen Zenith sehn, weswegen die Höhe derselben nicht aus zwei an

1 Schweigger's Journ. a. a. O. S. 196.

2 Ebend. S. 197.

3 Ebend. S. 199. Diese Stelle ist mir ganz dunkel; auch kann ich nicht vereinigen, daſs hier die Cylinder eng an einander liegend genannt werden, da sie oben als weit abstehend angenommen wurden. Ich muſs jedoch bemerken, daſs Hansteen den Aufsatz im Edinburger Journal als Berichtigungen dieser Abhandlung bezeichnet, und ich setze daher aus ersterem das Folgende zu.

entfernten Orten gemachten Beobachtungen gemessen werden kann[1].

Diese Darstellung scheint mir übrigens mit sich selbst im Widerspruche zu stehn. Wenn nämlich die magnetischen Strahlen in der Richtung der Neigungsnadel von der Erde aufsteigen, so müssen sie nach oben nothwendig divergiren, statt daſs die Meridiane auf dem Globus convergiren. Der Convergenzpunct der magnetischen Kräfte der Erde ist offenbar im magnetischen Pole selbst gegeben und hieraus begreiflich, daſs dieser das Centrum des sich bildenden Lichtbogens abgiebt. Es muſs aber das Hülfsmittel des magnetischen Zeniths nothwendig irre führen, weil dieses kein fester Punct, sondern eine ins Unendliche sich erstreckende Linie ist, und so müssen denn diese Linien unter verschiedenen Längen und Breiten nothwendig divergiren, eben weil die magnetischen Nadirs der Nordpole verschiedener Nadeln convergiren, und es ist also unmöglich, daſs alle Beobachter die nämliche Krone im Zenith des Südpols ihrer Magnetnadel sehn könnten, wenn nicht an allen Orten eine besondere Krone vorhanden wäre, alle übrige gleichzeitig existirende als unsichtbar vorausgesetzt, was jedoch gegen eine Convergenz der magnetischen Strahlen streitet. Hansteen sagt übrigens weiter, daſs die Nordlichtstrahlen sich oft in einen regelmäſsigen Ring vereinigen, indem sie von einer kleinen Zone auf der Oberfläche der Erde ausgehn, deren Centrum irgendwo nördlich von der Hudsonsbai liegt; ein solcher kronenähnlicher Ring ist auch durch eine Figur von ihm dargestellt, allein sollte dieses die Krone seyn, so müſste sie nördlich im magnetischen Meridiane gesehn werden, könnte aber auf keine Weise überall südlich vom Zenith beobachtet werden, weil hiermit eben die Kleinheit der Nordlichtzone im Widerspruche steht.

Die Theorie, welche Hansteen über das eigentliche Wesen des Nordlichts aufstellt, sucht zuerst darzuthun[2], daſs die Erscheinung eine magnetische sey. Lebhafte Nordlichter bringen nämlich die Magnetnadel zur Abweichung, ein Beweis, daſs die Magnetkräfte der Erde dann in Unruhe sind. Kurz vor ihrer Erscheinung kann die Intensität des Erdmagnetismus sehr steigen, aber beim wirklichen Erscheinen nimmt sie bedeutend

1 Phil. Mag. II. 339.
2 Schweigger's Journ. N. R. XXVI. 200.

Digitized by Google

ab und diese Aenderung erfolgt oft in wenigen Minuten, aber die Rückkehr der frühern Stärke tritt zuweilen erst 24 Stunden nachher wieder ein; die Nordlichter müssen daher die Wirkung einer ungemein hohen magnetischen Kraft seyn, da der Erdmagnetismus dadurch geschwächt wird. Aeltere Beobachter berichten aus Drontheim und sonstigen nördlichen Gegenden, daſs die Nordlichtbögen ehemals weniger hoch heraufgekommen seyen und sich mehr im eigentlichen Norden gezeigt hätten, was mit der Veränderung des magnetischen Nordpols[1] zusammentrifft. Wilke fand, daſs der Ort, wo sich die Krone der Nordlichter bildet, sich zuweilen gleichzeitig mit der auf ihn gerichteten Südspitze der Neigungsnadel ändert, wonach also eine Aenderung in der Resultirenden des Erdmagnetismus eine Aenderung in der Richtung der Lichtsäulen erzeugt. Liegt also hierin ein genügender Beweis, das Nordlicht für magnetisch zu halten, so bietet der Elektromagnetismus ein Mittel der Erklärung dar[2]. Im Leitungsdrahte der volta'schen Kette neutralisiren sich nämlich die in entgegengesetzter Richtung strömenden Elektricitäten und ihre elektrische Kraft verschwindet, aber in diesem neutralen Zustande erscheinen sie vielleicht als elastisch flüssige elementare Magnete, die in einer auf die Axe des Leitungsdrahtes perpendiculären Ebene als einzelne Elemente mit den Nordpolen nach einer und den Südpolen nach der andern Seite, also den Indifferenzpunct in der Mitte habend, liegen und mit einer Geschwindigkeit über die Oberfläche des Drahtes hinausgetrieben werden, welche der des Lichtes vielleicht gleich kommt. So lange die Elektricitäten den Draht durchströmen, müssen also diese Elementarmagnete in jedem Zeitmomente erzeugt werden, wie sich dieses durch fernere Erweiterung leicht noch mehr erläutern lieſse. Hieraus läſst sich dann leicht erklären, warum die elektromagnetische Thätigkeit die elektrischen Leiter sowohl als auch die Nichtleiter frei durchdringt, denn die nicht neutralisirten elektrischen Molecülen erregen in jedem Körper augenblicklich den entgegengesetzten Zustand und sind daher an den Körper gebunden, aber die nicht neutralisirten haben eine vollkommen freie Passage. Hiernach ist also Magnetismus nichts anders als neutralisirte Elek-

1 Vergl. Bd. I. Tab. V.
2 Phil. Mag. and Ann. II. 340.

Digitized by Google

tricität, und es ist daher möglich, daſs das Nordlicht aus solchen neutralisirten Paaren von Molecülen bestehe, welche hier, wie in der geschlossenen elektrischen Kette, den Gesetzen der magnetischen Anziehung und Abstoſsung folgen.

Hansteen nennt diese Theorie eine bloſse Hypothese, bei welcher noch viele Dunkelheiten zurückbleiben, wobei man jedoch nicht erwarten könne, daſs ein so schwieriges Problem im ersten Versuche sogleich gelöst werden sollte. Weil aber die Sache so enge mit dem *Elektromagnetismus* zusammenhängt, so erscheint es um so nothwendiger, hier sogleich zu zeigen, daſs die Hypothese mit den hierüber bekannten Thatsachen nicht vereinbar ist. Hansteen sagt zwar mit Recht, daſs wir bisher kein solches Fluidum im Magnete erkannt haben, durch dessen Vereinigung Lichterscheinungen erzeugt werden, als in den zwei entgegengesetzten Elektricitäten, und da die Lichterscheinungen beim Nordlichte zugleich auf den Magnet einwirken, so liegt es im Allgemeinen sehr nahe, dasselbe für eine elektromagnetische Erscheinung auszugeben, allein damit ist der eigentliche Proceſs noch keineswegs erklärt. Auſserdem aber zeigt sich in Hansteen's Hypothese eine auffallende Lücke. Der elektrische Leitungsdraht ist nämlich allerdings ein Magnet, aber dann muſs die Elektricität ihn frei durchströmen, ist also nicht leuchtend; wäre sie aber in dem Maſse frei, daſs sie ein so starkes Leuchten erzeugen könnte, so müſste sie nothwendig auch auf das Elektrometer wirken, wogegen aber Hansteen ausdrücklich erinnert, daſs Franklin's Theorie unzulässig sey, weil das Nordlicht gar keinen Einfluſs auf das Elektrometer äuſsere. Dieses Argument läſst sich zwar beseitigen, wie ich nachher zeigen will, aber die Ansicht von dem Wesen der elektromagnetischen Wirksamkeit ist zugleich unhaltbar, indem der Ursprung der neutralisirten, dadurch zum Magnetismus gewordenen und um den Leitungsdraht verbreiteten Elektricität durchaus nicht nachgewiesen ist und auf keine Weise aufgefunden werden kann. Beide Pole der volta'schen Kette sind nämlich bei vollkommener Isolirung gleich stark mit einem Ueberschusse entgegengesetzter Elektricitäten geladen, der Verbindungsdraht dient bloſs dazu, beide Ueberschüsse dieser Pole einander zuzuführen, wobei sie sich im Drahte selbst wegen überwiegend starker Thätigkeit beider Pole gar nicht neutralisiren können, und somit ist nirgends ein Ueberschuſs neutralisirter und

Digitized by Google

hierdurch in Magnetismus verwandelter Elektricitäten vorhanden. Wollte man einen solchen annehmen, so müſsten die isolirt getrennten Elemente der volta'schen Kette einen Mangel des natürlichen elektrischen Sättigungs- oder Neutralitäts-Zustandes zeigen, welcher niemals wahrgenommen wird; kein besonnener Physiker aber kann, um dieser Schwierigkeit zu begegnen, einen so luftigen Hypothesenbau aufführen und sagen, die durch Neutralisation zum Magnetismus umgestalteten Elektricitäten kehren nach ihrer Thätigkeitsäuſserung in ihren vorigen Zustand wieder zurück, um den Polen der volta'schen Kette zuzuströmen, denn das hieſse nur, die Elektricitäten seyen bald dieses, bald Magnetismen, je nachdem die Physiker dieses oder jenes wünschen. Aber abgesehn hiervon und in unmittelbarer Beziehung auf die Erklärung des Nordlichts muſs man doch billig fragen, wo ist die Ursache der elektrischen Erregung, die den angenommenen Magnetismus erzeugt, und wenn diese nicht stattfinden soll, welche Ursache erregt den Magnetismus und warum erscheint dieser leuchtend? Es ergiebt sich hieraus also augenfällig, daſs das Nordlicht selbst durch Hansteen gar nicht erklärt und seine Ursache gar nicht nachgewiesen ist.

Die Physiker begnügen sich seitdem im Allgemeinen mit der Erklärung, daſs das Nordlicht eine magnetische Erscheinung sey, weil es einen unverkennbaren Einfluſs auf die Magnetnadel ausübe, und obgleich nach den neuesten Beobachtungen seine elektrische Natur zweifelhaft gemacht worden ist, so entscheidet doch sein Leuchten und die innige Verbindung, worin die Elektricität und der Magnetismus mit einander stehn, sehr dafür, dasselbe für ein elektromagnetisches Phänomen zu halten, was dann im Ganzen auf die zuletzt vorgetragene Hypothese hinauskommt. Neben dieser sind noch einzelne mehr oder minder vollständige Versuche der Erklärung gemacht worden. Hansteen[1] z. B. findet eine Uebereinstimmung zwischen den magnetischen Isoklinen und den isothermischen Linien, so daſs der Magnetismus der Erde auf ihre Temperatur einen Einfluſs haben müſste, wonach also die Nordlichtzone durch die Temperatur wenigstens mit bedingt würde. Richardson[2] meint, die Wolken hätten zuweilen eine polare Richtung, indem sie mit dem magneti-

---

1 Schweigger's Journ. N. R. XVI. 208.

2 Narrative of a Journey cet. p. 598.

Digitized by Google

schen Meridiane zwei rechte Winkel bildeten. Würden sie erhellt, so müſsten sie, in einer horizontalen Ebene mit dem Auge des Beobachters liegend, einen Bogen zu bilden scheinen. Ihre Richtung sey vielleicht Folge des Magnetismus, ihr Leuchten der Elektricität. Inzwischen legt er auf diese Hypothese wenig Werth und nennt das Ganze nur eine unausgebildete Idee (*crude opinions*). Erman[1] glaubt, die Erklärung des Nordlichts könne dadurch erleichtert werden, wenn man die von dem Nordlichtbogen aufsteigenden Strahlen dem Lichtbogen ähnlich betrachte, welchen H. Davy zwischen beiden Polen seiner riesenmäſsigen volta'schen Säulen erzeugte, wodurch dann die Magnetnadel abgelenkt wurde, eben wie dieses durch das Nordlicht geschieht. So leicht es übrigens ist, die verschiedenen Schwankungen der Magnetnadel beim Nordlichte zu erklären, wenn man die Lichtstrahlen desselben jenen leuchtenden elektrischen Strömungen gleich setzt, eben so schwierig dürfte es von der andern Seite seyn, die über alle Begriffe starken elektrischen Pole aufzufinden, die die so unermeſslich langen leuchtenden Bögen, wie die Strahlen der Nordlichter sie zeigen, durch die weiten Strecken trockner Luft fortzuschleudern vermöchten, nicht gerechnet, daſs damit die eigentlichen Nordlichtbögen und die übrigen Eigenthümlichkeiten des Meteors ganz unerklärt blieben.

Nach allen bisher mitgetheilten Erklärungsversuchen auf eine Enträthselung des sehr zusammengesetzten Phänomens sich nur einmal einzulassen scheint allerdings ein gewagtes Unternehmen, indessen kann ich mich dessen nicht enthalten, der ziemlich vollständigen Zusammenstellung des Thatsächlichen eine Hypothese zur Erklärung anzureihen. Die Mangelhaftigkeit der meisten frühern Erklärungen scheint mir hauptsächlich dadurch entstanden zu seyn, daſs man aus dem bloſsen Leuchten des Meteors unmittelbar auf Elektricität schloſs, ohne die regelmäſsigen Formen und sonstigen Bedingungen gehörig zu berücksichtigen, und daſs man nach dem entdeckten Einflusse desselben auf die Magnetnadel das ganze Phänomen ein magnetisches nannte, obgleich der stärkste Magnetismus nicht den geringsten Lichtschein erzeugt. Wenn ich aber alle die oben mitgetheilten Resultate zahlreicher und genauer Beobachtungen

1 Poggendorff Ann. XXII. 552.

Digitized by Google

zusammennehme, so scheint mir das Meteor im Ganzen ein thermelektromagnetisches zu seyn und auf folgenden Hauptmomenten zu beruhn.

Es ist schon in frühern Zeiten mehrfach die Vermuthung ausgesprochen worden, daſs die Erde elektrisch und hierdurch dann magnetisch sey, allein durch die von mir[1] bekannt gemachten Versuche mit der Drehwaage glaube ich unwiderleglich dargethan zu haben, daſs die Erde nothwendig ein Thermelektromagnet werden muſs, weil die alle 24 Stunden um dieselbe laufende Sonne hinlängliche Wärme erzeugt, um die erforderliche Aufhebung des elektrischen Gleichgewichts hervorzurufen oder freie Elektricität zu erzeugen, da dieses namentlich beim Eise und Thone schon durch eine Temperaturerhöhung von 3° bis höchstens 5° C. unfehlbar geschieht[2]. Indem aber das Umlaufen der Sonne und somit die erzeugte Erwärmung von Osten nach Westen erfolgt und hierdurch positive Elektricität erzeugt wird, mithin ein positiv elektrischer Strom in dieser Richtung die Erde umkreist, muſs den elektromagnetischen Gesetzen angemessen im astronomischen N. ein Südpol, im astronomischen S. ein Nordpol erzeugt werden, wie die Erfahrung zum Theil ergiebt. Eigentlich könnte nämlich an jedem wirklichen Pole nur ein einziger magnetischer zum Vorschein kommen, daſs deren aber, mindestens im Norden, zwei vorhanden sind, rührt ohne Zweifel von dem Verhältnisse zwischen Land und Meer her, indem zwar nicht durch Versuche erwiesen, aus vielen triftigen Gründen aber höchst wahrscheinlich ist, daſs sich im Wasser keine Thermelektricität erzeugt. Die Ursachen also, welche die Erde zu einem Thermelektromagnete machen, sind hiernach über die ganze Erde stattfindend, an den einzelnen Strecken ihrer Oberfläche mehr oder minder wirksam, nehmen der Temperaturdifferenz proportional

---

1 Poggendorff Ann. XX. 417.

2 Ein Einwurf gegen die Beweiskraft der leicht anzustellenden Versuche schien auf der Möglichkeit zu beruhn, daſs die Drehungen vielleicht durch Luftströmungen erzeugt würden; allein Capt. Kater, dem ich die Erscheinung zeigte, erklärte dieses Argument für durchaus unstatthaft, weil sonst das andere, mit Blattgold oder Stanniol versehene Ende des Waagebalkens auf gleiche Weise angezogen werden müſste, als das mit dem Holundermarkkügelchen, welches jedoch nie der Fall ist.

Digitized by Google

vom Aequator nach den Polen zu, beſtehn im Ganzen aus einem innerhalb 24 Stunden um die ganze Erde laufenden elektriſchen Strome, welcher durch gewiſſe bis jetzt zwar noch nicht nachgewieſene, ohne Zweifel aber aufzuſindende Bedingungen auf eine ſolche Weiſe modificirt iſt, daſs er die beiden gleichnamigen magnetiſchen Pole in der Nähe des aſtronomiſchen Erdpoles erzeugt. Könnte nun weiter erwieſen werden, daſs die Nordlichter eine mit dieſer nämlichen Elektricitäts-Erregung zuſammenhängende Erſcheinung ſeyen, ſo würde hieraus nicht bloſs ihr Einfluſs auf die Magnetnadel von ſelbſt folgen, ſondern auch die Urſache deutlich werden, warum ſie nach dem oben (unter b) erwieſenen Satze die beiden magnetiſchen Pole umlagern.

Die thermelektriſche Erregung ſindet über der ganzen Erdoberfläche ſtatt, und man darf wohl ſagen, daſs ſie der Erfahrung nach durch die groſsen Waſſerſtrecken unterbrochen oder mindeſtens ſehr geſchwächt wird, ſie muſs daher auf der ſüdlichen Erdhälfte am geringſten ſeyn, indem ſie hauptſächlich nur durch die weit auslaufende Südſpitze von America, die Maſſen des ſüdlichen Polareiſes und die den Südpol umgebenden Inſeln oder vielleicht dort vorhandenen Continente bedingt wird. In wie weit hiervon die Entſtehung der beiden magnetiſchen Pole der ſüdlichen Halbkugel abhängt, welche übrigens mit denen der entgegengeſetzten Halbkugel in urſächlichem Zuſammenhange ſtehn, ob von den beiden, der letztern zugehörigen Polen der eine ſo tief herabrückt, weil die Nordküſte America's von einem zuſammenhängenden, zum Theil wahrſcheinlich ſtets offenen Meere begrenzt und dadurch gleichſam vom aſtronomiſchen Pole getrennt iſt, ob nördlich von dieſem Meere ein etwas ausgedehnteres, die Entſtehung des zweiten Poles bedingendes Continent liegt, alles dieſes ſind Fragen von groſser Wichtigkeit, deren Beantwortung aber nicht unmittelbar hierher gehört; inzwiſchen folgt aus den angegebenen Thatſachen ſchon ſo viel, daſs die Zahl der Nordlichter gröſser ſeyn muſs, als die der Südlichter, und daſs die letzteren ſich vorzugsweiſe häufig über der Südſpitze des americaniſchen Continents zeigen müſſen, was abermals mit der Erfahrung vollkommen übereinſtimmt. Wollte man aus der allgemein über die ganze Erde verbreiteten elektriſchen Erregung folgern, daſs hiernach die Nordlichter in allen Gegenden gleich zahlreich erſcheinen müſs-

Digitized by Google

ten, so läſst sich dieser Einwurf leicht widerlegen. An allen solchen Orten nämlich, wo die Herstellung des elektrischen Gleichgewichts durch Gewitter stattfindet, und zu denjenigen Zeiten, wenn Letzteres geschieht, ist die Entstehung des Nordlichts unmöglich, ein Satz, welcher durch den nahen Zusammenhang dieser beiden meteorischen Phänomene noch auſserdem eine bedeutende Stütze erhält, und die Nordlichter sind nur in denjenigen Gegenden einheimisch, wo keine Gewitter zu Stande kommen oder sie sich, falls dieses ausnahmsweise einmal geschehn ist, durch bloſse Blitze ohne Donner entladen, folglich gleichsam einen Uebergang zu den Nordlichtern bilden[1].

Wenn ich den eigentlichen Proceſs der Nordlichtbildung kurz zusammenfasse, so ist er in seinen Hauptmomenten folgender. Die Oberfläche der Erde wird durch den täglichen Temperaturwechsel elektrisch erregt. An denjenigen Orten, wo die elektrische Neutralisation durch den Wechsel von Verdampfung und Niederschlag nicht in unbestimmten, meistens nur kurzen, Zeitintervallen aufgehoben und wieder hergestellt wird, behält die Erdkruste diesen elektrischen, den Magnetismus der Erde erzeugenden Zustand eben so eine Zeitlang bei, als dieses bei jedem von trockner Luft umgebenen Körper der Fall ist, und die hiernach täglich wiederkehrende Erregung und die Rückkehr zum Gleichgewichte, wie sie durch den regelmäſsigen Wechsel der Erwärmung bedingt wird, ist Ursache der täglichen Variationen der Magnetnadel. Die auf der Erdoberfläche erregte Thermelektricität ist allerdings nicht stark, sie könnte sogar so schwach seyn, daſs ihre Repulsivkraft das Blattgoldelektrometer zu bewegen nicht vermöchte, und dennoch würde, andern zahllosen Erfahrungen gemäſs, hieraus kein Einwurf gegen die Be-

---

1 Ich fürchte zu weitläuftig zu werden, wenn ich mich auf alle Einzelnheiten einlassen wollte. So könnte man unter andern sagen, die elektrische Erregung der Erdoberfläche müsse aufhören, wenn die Temperatur zu niedrig wird, und sie müsse dem Wechsel zwischen Wärme und Kälte proportional seyn. Beide Ursachen würden gemeinschaftlich dazu wirken, den magnetischen Pol über den Nordküsten America's tiefer herabzurücken, die Nordlichter könnten hiernach nicht weit nördlich über die magnetischen Pole hinaus sich erstrecken, wie die Erfahrung ergiebt, und selbst der von Hansteen beobachtete Zusammenhang zwischen den magnetischen Isoklinen und den isothermischen Linien fände hierin eine natürliche Erklärung.

Digitized by Google

hauptung hervorgehn, daſs sie die Erde zu einem groſsen Magnete macht. Betrachtet man ferner die Erde als einen elektrisch erregten Körper, wobei in Gemäſsheit der durch Coulomb und Poisson aufgefundenen Bestimmungen die Elektricität auf diesem groſsen Körper auf gleiche Weise und aus gleichen Gründen als bei jedem geladenen Leiter sich nur auf der Oberfläche aufgehäuft befinden kann [1], so muſs sich ein elektrischer Wirkungskreis bilden. Dieser kann jedoch nicht diejenige Gestalt haben, welche bei kleinern Conductoren der Form dieser letztern correspondirt, ein Umstand, welcher aus der unverhältniſsmäſsigen Gröſse des Erdkörpers und aus den auf demselben stattfindenden ungleichen Erregungen, mitunter auch Unterbrechungen der elektrischen Erregung, leicht erklärbar wird, vielmehr können wir bloſs aus seiner Wirkung, wie sich dieselbe in der Erzeugung der beiden magnetischen Pole zeigt, auf diese Form schlieſsen. Nehmen wir dieses als genugsam beweisendes Argument an, so muſs zwar diese Atmosphäre überall die Erdoberfläche berühren, jedoch so, als würde sie durch die Windungen eines die Elektricität leitenden und um einen Körper gewundenen Drahtes erzeugt, dessen Axe auf die Richtung der Inklinationsnadel perpendiculär wäre, weil ein solcher den magnetischen Pol an derjenigen Stelle erregen würde, wo wir denselben auf der Erde wahrnehmen [2]. Wenn dann dieser elektrische Wirkungskreis eine Vertheilung der Elektricität in der umgebenden Atmosphäre bewirkt, so kann dieses zwar unordentlich nach allen Seiten hin geschehn, im Allgemeinen aber wird man leicht begreifen, daſs es in Richtungen geschehn muſs, welche der Neigungsnadel parallel laufen, worin dann der Erklärungsgrund liegt, daſs die Nordlichtstrahlen zwar nicht ganz scharf und ohne Ausnahme, allerdings aber der Regel nach gleichfalls diese Richtung annehmen. Eine feuchte Atmosphäre muſs diese regelmäſsig gerichteten, bis zu ungleichen Höhen sich erhebenden elektrischen Vertheilungen stören und aufheben, überwiegende Trockenheit der Luft wird sie dagegen be-

---

1 Es würde überflüssig seyn, für diesen Satz ausführliche Beweise vorzubringen, da er aus dem, was bereits hierüber in den Artikeln *Elektricität* und *Elektrometer* mitgetheilt worden ist, nothwendig folgt.

2 Es versteht sich von selbst, daſs diese Schlüsse für jeden einzelnen Pol besonders gelten.

Digitized by Google

fördern. Wenn aber in Gemäſsheit der zahlreichen, oben (unter f) beigebrachten Zeugniſse, wozu noch die Bemerkung v. Wrangel's kommt, daſs die Nordlichter durch die Verdunſtung offener Stellen des Meeres in den Polargegenden befördert werden, ſehr feiner Dunſt in der Atmoſphäre aufſteigt, geſetzt auch derſelbe ſey ſo ausnehmend dünn, daſs er die Luft kaum oder auf jeden Fall nicht merklich trübt, ſo muſs die elektriſche Vertheilung ſich auch auf dieſen erſtrecken und ihn ſelbſt elektriſch machen, und hierin liegt die Urſache, warum eine dunſtige Atmoſphäre und höchſt feines Gewölk unzweifelhaften Erfahrungen gemäſs die Bildung der Nordlichter begünſtigen, welches ſich bis zu einem Grade erſtreckt, vermöge deſſen ſie zuletzt in wirkliche Gewitter übergehn, wofür gleichfalls einzelne beweiſende Beiſpiele vorhanden ſind. Hieraus entſtehn dann zugleich die einzelnen ſich erhebenden, mitunter ſelbſt vom Winde bewegten Lichtwolken, die kaum bei irgend einem gröſsern Nordlichte fehlen; auch wird nach meiner Anſicht kein aufmerkſamer Beobachter in Abrede ſtellen, daſs die vielen, überall am Himmel verbreiteten, in röthlicher Farbe ſich zeigenden, erleuchtenden Maſsen nichts anders als höchſt feine, von den eigentlichen elektriſch leuchtenden Nordlichtſtrahlen nach Art der Abendröthe erhellte Wölkchen ſind.

Hiermit ſind ſchon die meiſten Einzelnheiten des Nordlichtphänomens den darüber oben mitgetheilten Erfahrungen gemäſs genügend und ungezwungen erklärt, aber es hält nicht ſchwer, hieran eine Enträthſelung der anderweitigen Bedingungen und Nebenumſtände zu knüpfen, ohne daſs es gerade nothwendig iſt, hierüber vollſtändig zu ſeyn. Da die elektriſche Erregung über die ganze Erde, mindeſtens bis nahe an die magnetiſchen Pole, in den meiſten Fällen nicht völlig bis zu denſelben, nur in ſehr ſeltenen aber bis darüber hinaus ſtattfindet, ſo können die Nordlichter auch innerhalb dieſer Grenzen erzeugt werden, nur nicht da, wo die Feuchtigkeit der Atmoſphäre als Hinderniſs auftritt, die kleinern und niedrigern müſſen bloſs da häufig zum Vorſchein kommen, wo die Bedingungen hierzu günſtig ſind, die gröſsern, eben daher höhern und zugleich ſeltnern werden ſich weiter nach Süden erſtrecken, ſie können gröſsere und geringere Breiten haben und auf gleiche Weiſe innerhalb weniger Längengrade beſchränkt ſeyn oder ſogar auch die ganze, um beide magnetiſche Pole laufende

Nordlichtzone zu gleicher Zeit umfassen. Ferner können sie der Erde näher oder weiter von ihr entfernt seyn, je nachdem die elektrisch gewordenen Dunstpartikelchen sich mehr oder weniger erheben, sie müssen unter niedern Breiten wegen der durch Kälte bedingten Trockenheit der Luft in der Regel höher seyn, auf jeden Fall aber können sie die Erde nicht unmittelbar berühren, weil sonst eine Herstellung der elektrischen Neutralisation erfolgen und somit die Bedingung ihres Entstehens aufgehoben seyn würde.

Mich dünkt, es sey nach dieser Darstellung von selbst klar, daſs ungeachtet der bis zum Leuchten aufgehäuften Menge von Elektricität dennoch ein Blattgoldelektrometer keine Abstoſsung der Blätter zeigen könne, selbst wenn es mit einer langen isolirten Kette oder Stange in Verbindung steht, weil ja eben die isolirende Eigenschaft der Luft nothwendige Bedingung des entstehenden Nordlichts ist und bei einer längern Zuleitung diese offenbar bis in die leuchtenden Massen reichen müſste, um die hierin stattfindende Anhäufung von Elektricität anzuzeigen. Es konnte somit bloſs die durch Hood gewählte Vorrichtung im Verlauf einiger längern Zeit Spuren des aufgehobenen elektrischen Gleichgewichts zeigen, jedoch gleichfalls nur in jenen Gegenden, wo die Nordlichter ganz eigentlich einheimisch und daher auch niedriger sind. Dagegen aber muſs die Magnetnadel jederzeit durch das Nordlicht afficirt werden, es sey denn, daſs sie sich jenseit der Zonen der thermelektromagnetischen Erregung der Erde, d. h. jenseit der magnetischen Pole, befindet. Dieser Satz, welcher allerdings zunächst aus Parry's Beobachtungen abstrahirt ist, findet jedoch zugleich eine Bestätigung durch die theoretische Betrachtung, daſs der magnetische Pol der Erde, eben wie die elektromagnetischen Pole unserer künstlichen Apparate, nicht füglich anders liegen kann, als an der äuſsersten Grenze der elektrischen Erregung, folglich kann eine Veränderung der letztern nicht füglich ihren Einfluſs über die angegebene Grenze hinaus äuſsern.

Die Erklärung des Einflusses, welchen das Nordlicht auf die Magnetnadel ausübt, mag wohl einer der wichtigsten Theile der ganzen Theorie zu seyn scheinen, aber sicher ist er keiner der schwierigsten, wobei jedoch zu berücksichtigen bleibt, daſs die Erfahrung über diesen Punct bisher noch nicht definitiv entschieden hat und künftige Beobachtungen daher die Richtigkeit

Digitized by Google

der Hypothese controliren müssen. Wäre die Erregung der Thermelektricität auf der ganzen Oberfläche der Erde gleich, letztere daher ein Thermelektromagnet, dessen Pole sonach mit den astronomischen zusammenfielen, so würde es nirgends eine Abweichung der Magnetnadel geben und die magnetischen Meridiane mit den astronomischen identisch seyn. Die auf der nördlichen Halbkugel stattfindenden Abweichungen entstehen aber durch den Einfluſs der Anziehung, welchen jeder der beiden vorhandenen Pole auf die Nordspitze der Magnetnadel ausübt, und dieser bleibt sich gleich, so lange sich die thermelektrische Erregung nicht ändert. Sobald aber die der ganzen Theorie als Grundlage dienende elektrische Spannung durch einen Uebergang der Elektricität von der Erdoberfläche zur Atmosphäre stattfindet, muſs eine Schwächung des tellurischen Thermelektromagnetismus eintreten und dadurch nicht bloſs die Stärke der magnetischen Anziehung überhaupt, sondern auch die Anziehung des concernirenden Poles insbesondere abnehmen. Erhebt sich also das Nordlicht für unsere Meridiane am westlichen magnetischen Pole, so wird die Nordspitze der Magnetnadel östlich gelenkt oder scheinbar durch das Nordlicht abgestoſsen, und so umgekehrt, beide vereinte Verminderungen gleichen sich aber zu 0 aus. Im Allgemeinen scheint es mir überflüssig, die vielen hierbei möglichen Schwankungen und deren Modificationen einzeln aufzuzählen, und es wird genügen, daſs in Uebereinstimmung mit Arago's zahlreichen Beobachtungen für gleiche Breitengrade, insbesondere wenn die Orte den magnetischen Polen nicht zu nahe liegen, nicht sowohl die Nähe des Nordlichts, als vielmehr dessen Stärke und die durch dasselbe bewirkte Aufhebung des tellurischen Magnetismus die Gröſse der Schwankungen bedingt. Alles dieses gilt jedoch zunächst nur von der Abweichungsnadel, deren Richtung und Stärke entschieden durch die ganze Summe der vom Aequator bis nach den Polen hin wirksamen thermelektromagnetischen Erregungen bedingt wird. Wenn dagegen die Neigungsnadel gleichzeitig mehr durch die örtlichen thermelektromagnetischen Erregungen afficirt wird, so könnte deren Stärke vermehrt werden, wenn die weiter nach Norden liegenden magnetischen Kräfte der Erde eine Schwächung erleiden. So viel ich weiſs, stehen auch hierbei Erfahrung und Theorie im Einklange. Eben so folgt, daſs in der Nordlichtzone selbst die Abweichung der Deklinationsna-

Digitized by Google

del am wenigsten regelmäſsig seyn muſs, weil dort die bedingenden Ursachen so nahe liegen, daſs sie auf zwei nicht sehr entfernte Nadeln ungleich wirken können.

Endlich wird es genügen, über die optischen Erscheinungen beim Nordlichte nur noch einige wenige Bemerkungen hinzuzufügen. Wenn wir nach der oben bereits angeführten Voraussetzung annehmen, daſs die leuchtenden elektrischen Strahlen der magnetischen Neigungsnadel parallel aufsteigen, so folgt keineswegs zugleich, daſs dieses überall ganz genau stattfindet und daſs dieselben den ganzen Raum von den magnetischen Polen bis zu bedeutend niedern Breiten ausfüllen, sondern sie können nur kleinere Theile dieser Zone oder gröſsere mit Unterbrechungen einnehmen. Im Allgemeinen müssen dann ferner diese eigentlich leuchtenden Strahlen von den, meistens rothen, bloſs erleuchteten kleinen Wolken unterschieden werden, die füglich bei der Erklärung ganz unbeachtet bleiben können. In der Regel werden die auf die genannte Weise erzeugten Strahlen aufwärts steigen und die Elektricität derselben wird das Bestreben zeigen, an wärmere und zugleich feuchtere Schichten überzugehn, wenn diese nicht selbst durch den Einfluſs der Erdoberfläche elektrisch werden, woraus die meistens stattfindende südlich gerichtete Bewegung der Nordlichter und ihre gröſsere Höhe unter niedrigern als unter höhern Breiten von selbst folgt. Es kann ferner das Elektrischwerden (die elektrische Erregung) der Luftschichten oder der in ihnen vorhandenen dunstförmigen Substanzen über willkürlich lange und breite Zonen nicht momentan stattfinden, sondern muſs nach und nach, wenn gleich in nicht langer Frist, erfolgen und eben so auch wieder aufhören, weswegen denn Anfang und Ende der nämlichen Nordlichter an verschiedenen Orten in ungleiche Zeiten fällt, wie namentlich noch bei dem Nordlichte am 7. Jan. 1831 der Fall war. Es verdient kaum erwähnt zu werden, daſs hiernach, so oft einzelne Nordlichtsäulen gesehn werden, diese sich nothwendig nach optischen Gesetzen zu Bögen gestalten müssen, sobald sie, wie die Wolken, die ganze Strecke des Himmels von einer Seite des Horizonts bis zur andern einnehmen; auch wird ihre Form sich der elliptischen so viel mehr nähern, je geringer ihre Höhe über der Erde ist. Es scheint mir indeſs überflüſsig, die optischen Erscheinungen des Meteors ausführlicher zu erläutern, da sie aus der angenommenen Voraussetzung ohne Schwierig-

Digitized by Google

keit folgen und ihre Erklärung auch bereits durch Hansteen gegeben worden ist, wenn man statt der von ihm angenommenen leuchtenden magnetischen Cylinder die aufsteigenden elektrischen Strahlen substituirt. Nur eins scheint mir nöthig hinzuzusetzen, nämlich daſs zwar der Hypothese nach das Aufsteigen der elektrischen Strahlen der Regel nach in der Richtung der Neigungsnadel erfolgen muſs, woraus dann die Verhältnisse der Lage und Richtung der einzelnen Theile des Nordlichts zur Magnetnadel von selbst folgen, daſs aber ein allezeit stattfindendes und absolut genaues Zusammentreffen beider ganz unzulässig seyn muſs, weil keine feste und regelmäſsig geordnete Masse vorhanden ist, welche dieses Meteor erzeugt, sondern eine bewegliche, die daher, mit der Erfahrung übereinstimmend, nur im Allgemeinen die vorhandene Regelmäſsigkeit zeigen kann. Endlich aber darf ich noch die Bemerkung hinzufügen, daſs nach meiner Ansicht gar kein Bedenken stattfinden kann, das Licht dieser Meteore für elektrisches zu halten. Hierüber bin ich so wenig zweifelhaft, daſs ich mich dreist auf das Urtheil aller Physiker berufe, welche das eigenthümlich weiſse, in gewisser Hinsicht blendende, zugleich aber verhältniſsmäſsig nicht so stark leuchtende, elektrische Licht aus eigener Anschauung kennen und mit dem der Nordlichter zu vergleichen Gelegenheit hatten. Ich darf hierbei ferner geltend machen, daſs mehrere Beobachter nordlichtartige Säulen und selbst Bögen bei Gewittern wahrnahmen, ich selbst aber habe im November 1824 eine dem Nordlichte vollkommen gleiche Lichtsäule am östlichen Theile des Himmels gesehn, wo sie mindestens 30 Minuten unverrückt stand und gewiſs für dieses Meteor gehalten worden wäre, wenn nicht die genau östliche Richtung dieses zweifelhaft gemacht hätte, worauf sich dann am folgenden Tage ergab, daſs es nichts weiter als ein nahe 8 Meilen entferntes starkes Gewitter gewesen war. Ueberhaupt würde die Erklärung der Nordlichter ungleich weniger schwierig gewesen seyn, wenn man allezeit die genauen, die vielen Einzelnheiten nicht übersehenden Beschreibungen derselben mehr beachtet hätte, als diejenigen, welche hauptsächlich das Prachtvolle und Auffallende dieser Meteore hervorheben sollten. *M.*

Digitized by Google

Nutation.

Wanken der Erd-Axe; *Nutatio;* Nutation; *Nutation.*

In dem Artikel *Vorrücken der Nachtgleichen* werden die Gründe angegeben, warum die Axe der sphäroidischen Erde bei dem Umlaufe um die Sonne ihre Lage nicht ganz unverändert so behält, daſs sie immer gegen denselben Punct des Himmels gerichtet bleibt. Die Anziehung der Sonne und des Mondes nämlich gegen die Erde bringt, weil letztere von der Kugelform abweicht, eine Aenderung jener Richtung hervor, vermöge welcher der Pol des Himmels in einem sehr langen Zeitraume einen Kreis um den Pol der Ekliptik durchläuft. Bliebe nun der Pol des Himmels allezeit genau auf diesem Kreise und ginge er gleichmäſsig in diesem fort, das heiſst, wäre die Aenderung der Lage der Erd-Axe gleichförmig, so würden wir dieser keine Nutation beilegen. Aber die Beobachtung zeigt, daſs der Pol des Himmels sich bald auf dieser, bald auf jener Seite von dem Kreise, jedoch nach bestimmten Gesetzen, entfernt und daſs damit auch eine Aenderung in dem Fortrücken auf dem Kreise verbunden ist, und diese Aenderungen sind es, die wir *Nutation*, *Wanken der Erd-Axe*, nennen.

Da die genauere theoretische Betrachtung der Nutation so mit der Präcession der Nachtgleichen zusammenhängt, daſs beide am besten vereint abgehandelt werden, so verweise ich in dieser Hinsicht auf den Art. *Vorrücken der Nachtgleichen* und gebe hier nur folgende oberflächliche Darstellung. Den gröſsten Theil der Nutation bringt der Mond hervor, weil seine Bahn gegen die Ekliptik geneigt ist und die Knoten der Mondbahn zurückgehend auf der Ekliptik fortrücken. Sie vollenden einen Umlauf in 18½ Jahren und dieses ist daher auch die Periode der Nutation. Was zuerst die Einwirkung der Sonne betrifft, so ändert diese die Lage der Erd-Axe so, daſs sie fast genau immer gleich geneigt gegen die Ekliptik bleibt, und deshalb ist der Pol der Ekliptik auch der Pol des Kreises von 23½ Gr. Halbmesser, den wir den Pol des Himmels durchlaufen sehn; und da die Ebene der Mondbahn bei allen ihren Aenderungen in jedem Puncte der Ekliptik sich ebenso oft nördlich als südlich von ihr befindet, da die Ekliptik in der Mitte zwischen allen Lagen der Mondbahn liegt, so kommt, sofern wir auf lange Zeiten

Digitized by Google

sehn, auch die Wirkung des Mondes darauf zurück, den Pol des Himmels auf eben dem Kreise fortzuführen. Aber die jedesmalige Lage der Mondbahn bringt periodische Aenderungen hierin hervor. Wenn der aufsteigende Knoten der Mondbahn sich im Frühlingsnachtgleichenpuncte befindet, so hat der Aequator der Erde eine Neigung von 28½ Gr. gegen die Mondbahn, und wenn diese Lage dauernd wäre, zugleich aber die Wirkung der Sonne ganz fehlte, so würde der Himmelspol sich in einem Kreise von diesem Halbmesser um den Pol der Mondbahn bewegen, und ebenso würde dieser Kreis nur den Halbmesser von 18½ Gr. haben, wenn die Neigung des Aequators gegen die Mondbahn, zu der Zeit, da der aufſteigende Knoten in der Waage liegt, bis auf 18½ Gr. vermindert ist. Statt dieser groſsen Verschiedenheiten bringt die Anziehung des Mondes, weil die Lage seiner Bahn sich unaufhörlich ändert, nur eine sehr geringe Abweichung von dem hervor, was stattfinden würde, wenn der Mond sich in der Ekliptik selbst bewegte. Zur Zeit der gröſsten Neigung des Aequators gegen die Mondbahn ist nämlich die Axe der Erde um 9 Sec. weiter vom Pole der Ekliptik entfernt oder die Schiefe der Ekliptik um so viel vergröſsert, um die Zeit der geringsten Neigung, oder wenn der aufſteigende Knoten der Mondbahn in der Waage liegt, ist die Schiefe der Ekliptik um ebenso viel vermindert. Die ganze Nutation nämlich, sofern sie von diesem Umstande abhängt, läſst sich so ansehn, als ob der Himmelspol nicht in einem Kreise um den Pol der Ekliptik fortginge, sondern als ob jener in 18½ Jahren einen kleinen Kreis von 18 Sec. Durchmesser beschriebe, dessen Mittelpunct unterdeſs, so wie es dem Vorrücken der Nachtgleichen gemäſs ist, auf dem von dem Pole der Ekliptik beschriebenen Kreise von 23½ Grad Halbmesser fortrückte. Diese Nutation bewirkt, daſs der Frühlingspunct um eine Gröſse, die dem Sinus der Länge des aufsteigenden Knotens der Mondbahn proportional ist, vorrückt und deshalb die Länge der Sterne bald etwas zunimmt, bald abnimmt, und daſs die Schiefe der Ekliptik um eine Gröſse, die dem Cosinus der Länge des Mondknotens proportional ist, zunimmt.

Neben diesem wichtigsten Theile der Nutation kommt noch ein geringerer hinzu, weil, auch wenn die Sonne allein wirkte, das Vorrücken der Nachtgleichen nicht das ganze Jahr durch gleichförmig seyn würde, sondern ein Glied enthält, welches

dem Sinus der doppelten Länge der Sonne proportional ist; und damit ist eine geringe Aenderung der Schiefe der Ekliptik, dem Cosinus der doppelten Länge der Sonne proportional und im Maximum ½ Sec. betragend, verbunden. Eine ähnliche Einwirkung, aber noch geringer, hat die Länge des Mondes.

Die Gröſse der Nutation ist in den Bessel'schen Tafeln in der vierten und fünften Tafel genau angegeben[1].

Obgleich Bradley der eigentliche Entdecker der Nutation ist, so bemerkt doch Gehler, daſs schon Flamstead[2] nach den Grundsätzen der Newton'schen Attractionstheorie eine solche Aenderung in der Lage der Erd-Axe vermuthete und daſs auch Olaus Römer schon eine Veränderung in den Deklinationen der Sterne bemerkte, die ihm auf eine *vacillatio poli terrestris* zu deuten schien[3]. Die ersten vollständigen Beobachtungen, welche die Nutation bewiesen, stellte jedoch Bradley an. Bei seinen Beobachtungen über die Aberration des Lichtes fand er schon im ersten Jahre[4], daſs die Deklination der Sterne in der Nähe des Colur der Nachtgleichen sich stärker änderte, als der bekannten Präcession angemessen war, wogegen die bei dem Colur der Sonnenwenden stehenden Sterne ihre Deklination zu wenig änderten. Bei fortgesetzten Beobachtungen von 1727 bis 1732 zeigte sich, daſs Sterne um den Colur der Sonnenwenden ihre Deklination um 9 bis 10 Sec. weniger geändert hatten, als die Präcession von 50″ forderte, und daſs die zu groſse Aenderung bei den Sternen um den Colur der Nachtgleichen ziemlich ebenso viel betrug; der Nordpol des Aequators schien sich den Sternen genähert zu haben, die um die Frühlingsnachtgleiche und die Winter-Sonnenwende mit der Sonne zum Meridian kommen, und schien von den Sternen zurückgewichen zu seyn, die um das Herbst-Aequinoctium und Sommer-Solstitium mit der Sonne zum Meridian kommen. Bradley ward schon damals durch die Lage des aufsteigenden Mondknotens auf den Gedanken gebracht, daſs die Wirkung des Mondes auf die von der Kugelgestalt abweichende Gestalt der

---

1 Tabulae Regiomontanae reductionum observationum astronomicarum ab anno 1750 ad annum 1850 computatae, auct. F. W. Bessel.

2 Historia coel. Brit. III. p. 113.

3 Horrebow basis astronomiae. Havniae 1735. p. 66.

4 Philos. Transact. for 1748. p. 9. 13. 15.

Erde dieses bewirken könne. Im Jahre 1727 lag der aufſteigende Mondsknoten im Widder und die Neigung der Mondsbahn gegen den Aequator war also am gröſsten; ein vergröſsertes, das mittlere übertreffendes Vorrücken der Nachtgleichen erklärte zwar einige der Erscheinungen, aber um auch die übrigen zu erklären, war es nöthig, eine kleine Aenderung in der Lage der Axe der Erde, eine Nutation, anzunehmen. Im Jahre 1732, wo der Mondsknoten bis zum Steinbock zurückgegangen war, änderten die Sterne um den Colur der Nachtgleichen ihre Abweichung nicht mehr stärker, als es dem mittlern Vorrücken der Nachtgleichen angemessen war; in den folgenden Jahren bis 1736 wurde diese Aenderung kleiner, als dem mittlern Vorrücken der Nachtgleichen entsprach, und um das Jahr 1736 hatten Sterne um den Colur der Sonnenwenden ihre Deklination in 9 Jahren um 18 Sec. weniger geändert, als die mittlere Vorrückung der Nachtgleichen forderte. Bradley entschloſs sich nun, die Beobachtungen vollends durch die ganze Periode eines Umlaufs der Mondsknoten bis 1747 fortzusetzen, und hatte am Schlusse dieser Zeit das Vergnügen zu sehn, daſs die Sterne ihre Position wieder erlangt hatten, so als ob gar keine Aenderung in der Lage der Erd-Axe statt gefunden hätte, wodurch also seine Meinung über die Ursache der Erscheinungen bestätigt ward.

Machin, dem Bradley seine Beobachtungen mittheilte, berechnete eine Tafel über die verschiedene jährliche Präcession und Nutation nach der Voraussetzung, daſs die mittlere Präcession 50″ betrage und allein durch den Pol der Mondsbahn regiert werde; er vermuthete deshalb, daſs seine Angaben zu groſs seyn würden, und so fanden sie sich auch wirklich, obgleich die beobachteten Aenderungen das Gesetz wie die berechneten Aenderungen befolgten. Bradley zeigt, wie die Beobachtungen mit der Voraussetzung übereinstimmen, daſs der Nordpol einen kleinen Kreis durchlaufe, dessen Mittelpunct, so wie es die mittlere Präcession fordert, fortrückt.

Spätere Beobachtungen haben diese Folgerungen bestätigt und in Hinsicht auf die Gröſse der Nutation genauer bestimmt.

B.

Digitized by Google

O.

Oenometer

ist zunächst ein chemischer Apparat, weswegen hier eine allgemeine Andeutung desselben genügt. Das schwerlich bis jetzt schon mehrfach in Gebrauch gekommene Instrument ist von E. Tabarié erfunden worden und soll dazu dienen, den Alkoholgehalt des Weines zu bestimmen, wie auch der Name desselben (von *οἶνος* der Wein und *μέτρον* das Maſs) ungefähr andeutet. Es besteht aus einem kleinen Destillir-Apparate, aus welchem vermittelst einer Weingeistlampe der Alkohol des Weins verflüchtigt wird; den dadurch entstandenen Verlust ersetzt man durch Wasser und prüft das specifische Gewicht vor und nach dieser Operation vermittelst eines feinen Araeometers[1]. *M.*

Oligochronometer

ist ein von del Negro[2] angegebenes Instrument, um kleine Theile der Zeit zu messen. Es gehört hiernach zur Zahl anderer für diesen Zweck erfundener Apparate, welche am zweckmäſsigsten gemeinschaftlich beschrieben werden[3]. *M.*

Opsiometer

ist ein von C. J. Lehot[4] erfundenes Instrument, welches dazu dienen soll, die Grenzen des deutlichen Sehens bei verschiedenen Augen zu bestimmen, wie dieses der Name desselben andeutet (von *ὄψις* das Sehen, Gesicht und *μέτρον* das Maſs). Es besteht aus einer geschwärzten Stange von 8 Decimeter Länge und 5 Centimeter Breite, über welcher parallel mit ihrer Axe ein weiſser Seidenfaden ausgespannt ist. Neben dieser Regel in einem Abstande von 3 Millimetern befindet sich eine hölzerne Stange mit vier Schiebern, welche bestimmt sind, die Abstände vom Anfangspuncte der auf der Hauptstange aufgetragenen Scale zu

---

1 Ann. de Chim. et Phys. XLV. 222.

2 Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto. Padova 1831.

3 Vergl. Art. *Pendel.*

4 Annales des Sciences d'observation cet. par MM. Saigey et Raspail. T. II. Par. 1829.

meſsen. Der eine von den Sockeln nämlich, worauf die beiden genannten Stangen ruhn, trägt einen Ring von 15 Millimetern Durchmesser, dessen Ebene auf der Axe der Hauptstange lothrecht ist und dessen 35 Millim. hohes Centrum dem ausgespannten Seidenfaden correspondirt. In einem 2 Centimeter betragenden Abstande von diesem Ringe befindet sich eine dünne Platte, ungefähr 20 Centimeter lang, mit einem runden Loche von 20 Millimetern Durchmesser, dessen Centrum mit dem des Ringes correspondirt. Sieht dann das zu prüfende Auge durch diesen Ring und das Loch, wenn man es dem erstern nähert, gegen den weiſsen Faden, so scheint derselbe in zu groſser Nähe doppelt zu seyn, indem die erscheinenden doppelten Fäden einen Winkel bilden, dessen Spitze in der kleinsten Entfernung des genauen Sehens liegt; von hier an ist er einfach, bis in gröſserer Entfernung abermals die Spitze eines solchen Winkels gebildet wird, welche die gröſste Entfernung des deutlichen Sehens giebt. Beide Abstände werden vermittelst der Schieber, welche auf der hölzernen Stange beweglich sind, und der auf die Hauptstange aufgetragenen Scale gemessen und geben hiernach den gröſsten und kleinsten Abstand der deutlichen Gesichtsweite. *M.*

O p t i k.

Optica, optice; Optique; *Optics.*

Unter diesem Namen versteht man im weitern Sinne die ganze Lehre von der Bestimmung des Weges der Lichtstrahlen, im engern Sinne nur diejenigen Lehren, welche den geradlinigen Fortgang der Lichtstrahlen betreffen, wo dann Katoptrik und Dioptrik als von ihr verschiedene Theile der Lehre vom Lichte angesehn werden. In diesem engern Sinne ist der Umfang der Optik sehr beschränkt, da wir die Perspective, die Darstellung von Figuren und Körpern in einer Zeichnung, die in einer gegebnen Ebene liegt, und die Photometrie, die Lehre von dem Grade der Erleuchtung, davon absondern. Der ganze Inhalt der Optik kommt dann auf die Hauptgesetze, daſs das Licht sich nach geraden Linien ausbreitet, daſs die Erleuchtung sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung und wie der Sinus des Einfallswinkels verhält, zurück. Die Lehre von der Grenze der Schatten und von den Bildern, die sich im dunkeln Zimmer durch Licht-

Digitized by Google

strahlen darstellen, welche durch eine sehr enge Oeffnung einfallen, auch die Lehre vom Sehewinkel gehören hierher. Da alle diese Gegenstände im Artikel *Licht* erwähnt worden sind und unter den Artikeln *Schatten*, *Sehewinkel*, *Gröſse, scheinbare*, *Gesicht*, *Gesichtstäuschungen* noch mehr davon vorkommt, so gehört hierher nichts weiter als einige literärische Nachweisungen.

Aus dem Alterthume ist unter dem Namen des Euclides ein Werk über die Optik auf unsre Zeiten gekommen, *Εὐκλείδου Ὀπτικά*, welches in 61 Theoremen meistens Sätze über scheinbare Gröſse gleicher und ungleicher Linien bei bestimmter Stellung des Auges abhandelt. Des Ptolemaeus Optik scheint wenig Brauchbares aus der eigentlichen Optik im engern Sinne enthalten zu haben. Der arabische Mathematiker Alhazen im zwölften Jahrhunderte, von dem man sonst glaubte, er habe vieles aus Ptolemaeus geschöpft, scheint, nach Delambre's Urtheil, die Optik des Ptolemaeus vielleicht gar nicht gekannt zu haben, er hat sich aber um die Optik bedeutende Verdienste erworben. Vitellio schöpfte aus ihm und schrieb eine für seine Zeiten brauchbare Optik. Die Bücher Alhazen's und Vitellio's über die Optik hat Risner in seinem *Opticae Thesaurus* (Basil. 1572) herausgegeben.

Von Schriftstellern der frühern Zeit führe ich aus Gehler noch folgende an, die unter dem Titel, Perspective, optische Gegenstände abhandeln. Peckham *Perspectiva communis.* (ed. Hartmanni. Norimb. 1542. 4.) Rog. Baconis *perspectiva.* (ed. Cumbachii. Francof. 1614. 4.) Einige Nachrichten über diese frühern Bemühungen in der Optik, die für uns fast ohne allen Werth sind, giebt Priestley in seiner Geschichte der Optik, erste Periode, und Klügel in den Zusätzen dazu.

Aus der etwas spätern Zeit besitzen wir in des Maurolycus *Theoremata de lumine et umbra ad perspectivam et radiorum incidentiam facientia* (Venet. 1575. 4.) und Porta's *Magia naturalis* (Neap. 1558. fol.) und *de refractione*, *optices parte* (Neap. 1593. 4.), ferner des Aguilonius *Opticorum libri sex* (Antverp. 1613. fol.) einige Beiträge zur Vervollkommnung der optischen Kenntnisse. Maurolycus erklärte richtig die Entstehung des runden Sonnenbildes, das selbst, wenn die Sonnenstrahlen durch ein eckiges Loch eindringen, sich zeigt; Porta beschrieb die *Camera obscura*, die er schon durch Anwendung

Digitized by Google

einer Linse verbesserte[1]. AGUILONIUS trägt sehr ausführlich theils Sätze aus der Perspective, theils aus der eigentlichen Optik vor, über den Sehewinkel, über das Sehen mit beiden Augen, über die Bestimmung der Entfernung der gesehenen Gegenstände u. s. w. Da die meisten spätern Schriftsteller sich mehr mit der Katoptrik und Dioptrik als mit den sehr wenig umfassenden Lehren der eigentlichen Optik beschäftigt haben, so sind die zum Theil auch hierher gehörigen Schriften in den Artikeln *Dioptrik* und *Katoptrik* erwähnt. Ich füge nur noch das neueste und sehr vorzügliche Werk über die Optik hinzu: J. F. W. HERSCHEL vom Lichte, übers. v. EDUARD SCHMIDT. Stuttgart bei Cotta. 1831. *B.*

O r t.

Heliocentrischer Ort; *locus heliocentricus;* lieu heliocentrique; *heliocentric place;* ist derjenige scheinbare Ort, wo ein Planet oder anderer Körper vom Mittelpuncte der Sonne aus gesehn erscheinen würde. Man bestimmt ihn entweder aus der Beobachtung des von der Erde aus gesehenen Ortes, oder unmittelbar, wenn, wie bei der Bewegung der Planeten, die Bewegung in der Bahn um die Sonne eine leichtere Bestimmung gestattet, als die von der Erde aus gesehene scheinbare Bewegung.

Geocentrischer Ort, *locus geocentricus,* der scheinbare Ort für ein Auge, das sich im Mittelpuncte der Erde befindet. Will man den wahren geocentrischen Ort aus einer auf der Oberfläche der Erde angestellten Beobachtung finden, so muſs der beobachtete Ort durch die Parallaxe corrigirt werden[2]. Ist der heliocentrische Ort bekannt, so ergiebt sich aus der bekannten Stellung der Erde gegen die Sonne auch der geocentrische Ort. Hieraus ist leicht zu verstehn, was heliocentrische Länge und Breite ist, was man unter dem jovicentrischen Orte in Beziehung auf den Mittelpunct des Jupiter versteht, u. s. w. *B.*

Ort, optischer, scheinbarer; s. Gesicht.

---

1 Ueber diese Schriftsteller geben etwas nähere Nachrichten: MONTUCLA hist. des Math. I. p. 696. 698. u. PRIESTLEY Geschichte d. Optik. S. 16. 30. 37.

2 Vergl. *Parallaxe.*

Osmium.

Osmium; Osmium; *Osmium*.

Von Smithson Tennant wurde es 1803 entdeckt und findet sich im Osmium-Iridium und höchstens zu 1 Procent im Platinerz, bei dessen Auflösung in Salpetersalzsäure es theils oxydirt und verflüchtigt wird, theils in Verbindung mit dem meisten Iridium ungelöst zurückbleibt. In seinem möglichst vereinigten Zustande zeigt es den Glanz und die Farbe des natürlichen Osmium-Iridiums und ein specifisches Gewicht von ungefähr 10,000; gewöhnlich wird es als ein schwarzes Pulver, welches beim Drucke Metallglanz annimmt, erhalten. Es ist nicht verdampfbar und hat einen sehr hohen, noch unbekannten Schmelzpunct.

Der Sauerstoffgehalt seiner 5 Oxyde, von denen jedoch die 4 niedern noch wenig bekannt sind, verhält sich wie 1 : 1½ : 2 : 3 : 4. *Das Osmium-Oxydul* hält auf 99,7 Osmium 8 Sauerstoff, *das Osmium-Sesquioxydul* 12, *das Osmium-Oxyd* 16 und das *Osmium-Sesquioxyd* 24 Sauerstoff. *Das Osmium-Bioxyd* (99,7 Osmium : 32 Sauerstoff) bildet sich beim Erhitzen des Osmiums an der Luft, in welcher das pulverige Osmium sogar entzündbar ist. Das Bioxyd ist weiſs, biegsam, leicht schmelzbar und verdampfbar, von stechendem Geruche und scharfem Geschmacke, Lackmus nicht röthend. Es löst sich leicht im Wasser, aus welcher Lösung viele Metalle und andere desoxydirende Stoffe das metallische Osmium als ein schwarzes Pulver fällen. Mit Säuren sowohl, als auch mit Alkalien giebt das Bioxyd gelbe Verbindungen.

Das *Einfach-Chlor-Osmium* (99,7 Osmium auf 35,4 Chlor) ist dunkelgrün und löst sich mit derselben Farbe im Wasser; das *Doppelt-Chlor-Osmium* (99,7 Osmium auf 70,8 Chlor) ist scharlachroth, krystallinisch und mit grüngelber Farbe im Wasser löslich. Auch sind Verbindungen von mehrern Arten des Chlor-Osmiums mit Salmiak und Chlorkalium bekannt. — Hydrothionsäure fällt aus den sauren Auflösungen sämmtlicher Oxyde des Osmiums braunschwarzes Schwefel-Osmium.

G.

Digitized by Google

P.

Pachometer

ist ein Werkzeug, welches Benoit erfunden hat, um die Dicke des Glases belegter Spiegel zu messen (von πάχος die Dicke und μέτρον das Maſs). Der Physiker hat indeſs nur selten oder nie Veranlassung, sich dieses Apparates zu bedienen, indem er bei etwa nöthigen Messungen anderweitige bekannte Mittel anwenden kann, und da der vorgeschlagene Apparat ohnehin den Parallelismus beider Flächen und das Brechungsverhältniſs des Glases als genau bekannt voraussetzt, so scheint es mir überflüssig, eine ausführliche Beschreibung desselben mitzutheilen[1].

M.

Palladium.

Palladium; Palladium; *Palladium.*

Ein von Wollaston entdecktes Metall, welches theils in gediegnen Körnern vorkommt, die denen des Platinerzes beigemengt sind, theils in letzterm selbst zu ½ bis 1 Procent enthalten ist.

Das Palladium gleicht an Farbe, Glanz, Härte und Ductilität dem Platin, hat ein spec. Gewicht von 12,0 und ist vor dem Sauerstoffgasgebläse etwas leichter als Platin schmelzbar.

Es bildet mit dem Sauerstoff 2 Oxyde, die beide Salzbasen sind. Das *Palladiumoxydul* (53,3 Palladium auf 8 Sauerstoff) entsteht bei dem unter Funkensprühen erfolgenden Verbrennen des Palladiums im Sauerstoffgasgebläse und bei der Auflösung des Metalls in Salpetersäure. Es ist schwarz, liefert mit Wasser ein rostfarbiges Hydrat und mit Säuren braungefärbte Palladiumoxydulsalze, welche durch Hydriodsäure, Eisenvitriol und viele Metalle metallisch, durch Alkalien pomeranzengelb, durch Hydrothionsäure schwarzbraun und durch Blausäure und blausaures Quecksilberoxyd gelbweiſs gefällt werden und die sich im überflüssigen Ammoniak zu einer erst gelben, dann farblos werdenden Flüssigkeit auflösen.

Das *Palladiumoxyd* (53,3 Palladium auf 16 Sauerstoff) ist

---

1 Annales de l'Industrie nationale. 1824. Mai. p. 145. Daraus in Poggendorff Ann. LXXVIII. 90.

ebenfalls in trocknem Zustande schwarz und in gewässertem gelbbraun und löst sich schwierig in Säuren mit gelber Farbe.

Das *Einfach-Chlor-Palladium* ist schwarzbraun, läſst sich bei gelinder Hitze ohne Zersetzung schmelzen, verliert bei stärkerer alles Chlor und liefert mit Wasser eine braungelbe Lösung. — Das *Doppelt-Chlor-Palladium* ist nur in den Verbindungen mit Salmiak und mit Chlorkalium bekannt, welche beide in zinnoberrothen Oktaedern krystallisiren. Das *Selen-Palladium* ist grau und strengflüssig, *das Schwefel-Palladium* ist im gefallten Zustande dunkelbraun, im geschmolzenen bläulichweiſs von blätterigem Bruche und sehr hart, und verliert seinen Schwefel bloſs beim Erhitzen an der Luft. Hält man über die Weingeistflamme ein Palladiumblech, so bedeckt es sich im innern Theile derselben dick mit Kohle, welche beim Verbrennen Palladium zurückläſst; auch schwillt schwammiges Palladium, in glühendem Zustande auf einen mit Weingeist getränkten Docht gelegt, durch Bildung einer solchen *palladiumhaltigen Kohle* um mehr als das Zehnfache auf und läſst dann beim Verbrennen an der Luft ein Skelett von Palladium.

G.

Pallas

ist der Name eines der kleinen Planeten, deren Bahnen zwischen den Bahnen des Mars und Jupiter liegen. Ihr Zeichen ist eine Lanze ⚴.

Geschichte der Entdeckung.

Als Olbers am 28. März 1802 die erst kürzlich wieder aufgefundene Ceres beobachtete und dabei auch die Gegend des Gestirns der Jungfrau, wo die Ceres von ihm zuerst wieder aufgefunden worden war, betrachtete, ward er einen Stern gewahr, der zur Zeit der Entdeckung der Ceres dort nicht gestanden hatte und der schon bei dreistündiger Beobachtung eine allmälig kleinere gerade Aufsteigung und gröſsere Abweichung zu erlangen schien. Am 29. März war der Stern um 10′ in der Rectascension, um 19′ in der Deklination fortgerückt und die folgenden Tage gaben eine etwas abnehmende scheinbare Bewegung. Da der Stern sich ganz von allen Kometen unterschied, so hielt Olbers ihn sehr bald für einen neuen Planeten und nannte ihn *Pallas*. Die Versuche, die Bahn dieses neuen Gestirns zu be-

Digitized by Google

stimmen, zeigten, daſs diese weder ein Kreis, noch eine Parabel seyn konnte, sondern eine Ellipse seyn müsse; aber ehe Olbers es noch rathsam fand, nach so wenigen Beobachtungen die Ellipse näher zu bestimmen, hatte Gauss schon nach seiner ihm eigenthümlichen Methode diese Bestimmung ausgeführt und eine ziemlich excentrische Ellipse gefunden, deren groſse Axe nur wenig von der groſsen Axe der Ceresbahn verschieden war. Die weitern Beobachtungen bestätigten vollkommen, daſs der Stern ein Planet ist, dessen Bahn freilich eine sehr bedeutende Neigung gegen die Ekliptik hat und dessen Umlaufszeit von der der Ceres sehr wenig und auch von der der Juno nicht viel verschieden ist. Die von Gauss aus einem so sehr kleinen Bogen der scheinbaren Bahn berechnete Bahn dieses Planeten erregte damals, wegen ihrer sehr nahen Uebereinstimmung mit den folgenden Beobachtungen, mit Recht die gröſste Bewunderung für die von Gauss angewandte Methode[1].

Elemente der Bahn.

Die Elemente der Bahn sind bei den vieljährigen Beobachtungen immer mehr berichtigt worden. Im Jahre 1831 gab Encke folgende Elemente an[2]:

Halbe groſse Axe = 2,77263.
Excentricitätswinkel = 14° 0′ 16″,3,
also Excentricität = 0,24199.
Umlaufszeit = 1686 Tage 6 St.
Mittlere tägl. siderische Bewegung = 768″,54421.
Neigung der Bahn = 34° 35′ 49″,1.
Länge des aufst. Knotens = 172° 38′ 29″,8.
Länge des Perihelii = 121° 5′ 0″,5.
Mittl. Länge der Pallas 1831 am 23. Juli 0^h mittl. Berlin. Zeit = 290° 38′ 11″,8.

Aber rein elliptische Elemente können bei den sehr bedeutenden Störungen des Jupiter den wahren Ort der Pallas immer nur sehr unvollkommen angeben, wie Gauss schon 1810 an den bis dahin beobachteten Oppositionen zeigte[3].

---

1 Astr. Jahrb. 1805. S. 102. Mon. Corresp. V. 481. 591. VII. 369.
2 Astr. Jahrb. 1831. S. 250.
3 Mon. Corr. XXII. 591.

Digitized by Google

Gröſse und natürliche Beschaffenheit.

Nach SCHRÖTER's Messungen [1] würde der Durchmesser dieses Planeten in seiner mittlern Entfernung von der Erde doch immer noch 1¾ Sec. betragen und in der Opposition könnte Pallas 3 Sec. im Durchmesser groſs erscheinen, indem sich für einen Abstand gleich der mittlern Entfernung der Erde von der Sonne 4½ Sec. als scheinbare Gröſse ergab, woraus der wahre Durchmesser = 455 Meilen folgen würde. Aber auch hier, wie bei der Ceres [2], fand HERSCHEL ganz andere Bestimmungen [3]. Die Pallas zeigte sich ihm nie scheibenartig begrenzt, sondern mehr kometenähnlich, von nebeligem Ansehn. Mit einer Scheibe von 1,4 Zoll Durchmesser in 178 Fuſs Entfernung verglichen lieſs sich schlieſsen, daſs Pallas nur ⅙ Sec. im Durchmesser groſs erscheine. Hiernach ist der kleine Mercurius 31000mal so groſs als die Pallas und diese hat nur etwa 30 Meilen im Durchmesser. Ungeachtet der groſsen Zuverlässigkeit, die man sonst SCHRÖTER's Messungen mit Recht beilegt, haben sich doch die Astronomen hier für HERSCHEL's Messungen entschieden, und es ist auch nicht zu verwundern, daſs Körper, die bei 600maliger Vergröſserung noch nicht deutlich scheibenförmig erscheinen, bei der Abmessung, die SCHRÖTER anwandte, leicht unrichtig beurtheilt werden können.

Ueber die Lage der Bahnen beider Planeten, Ceres und Pallas, die fast genau in gleicher Zeit ihre Umläufe um die Sonne vollenden, hat BODE Bemerkungen mitgetheilt [4]. Er zeigte nach den damaligen Beobachtungen, wie von der Sonne aus gesehn die Pallas bald östlich bald westlich von der Ceres erscheine und scheinbar eine geschlossene Bahn um sie durchlaufe. Eben so betrachtete er die relative Lage beider Planeten gegen einander oder bestimmte, welche Bahn ein Ceresbewohner, der seinen Planeten als ruhend ansähe, der Pallas beilegen würde. Diese Untersuchungen sind zwar nicht ohne einiges Interesse, indeſs, da die Störungen die Bahnen dieser Planeten sehr verändern, so ist ihr Werth doch nur beschränkt.

B.

---

1 Lilienth. Beob. d. Planeten Ceres, Pallas, Juno. (Göttingen 1805.) S. 223.

2 Vergl. Art. *Ceres.*

3 Phil. Transact. 1802. S. 213. 1807. S. 260.

4 Astronom. Jahrb. 1807. S. 216.

Digitized by Google

Panorama,

(von πᾶν, alles und ὁράω, ich sehe) eine Darstellung aller Gegenstände, die man von einem bestimmten Puncte aus nach allen Seiten übersieht, auf den verticalen Wänden, die den im richtigen Standpuncte stehenden Beschauer des Gemäldes, das daher ein *Rundgemälde* heiſsen kann, umgeben.

Den Wänden, worauf die Zeichnung aufgetragen ist, wird man am liebsten die cylindrische Form geben und dieser Cylinder darf, um die Täuschung zu befördern und um keinen zu eng bestimmten Standpunct des Auges zu fordern, nicht von zu kleinem Durchmesser seyn. Die Regeln, nach denen die Zeichnungen ausgeführt werden müssen, lassen sich leicht übersehn, wenn man nur überlegt, wie verticale, horizontale, schiefe und gerade Linien darzustellen sind.

Was die verticalen Linien betrifft, so erhellt sogleich, daſs sie auch auf den verticalen Seitenwänden gerade Verticallinien werden. Unter den Horizontallinien wird jede in der Höhe des Augenpunctes liegende ein Theil des horizontalen Kreises, der in gleicher Höhe mit dem Auge auf der Cylinderfläche gezeichnet ist, und wenn man die Cylinderfläche abgewickelt in eine Ebene ausbreitet, so bildet dieser Kreis eine Parallellinie zu der Grundlinie, die dann aus dem Umfange der Basis her-
Fig. 16. vorgeht. Für Horizontallinien AB, die höher oder tiefer als das Auge liegen, läſst sich leicht folgende Regel übersehn. Wenn C der Augenpunct, ab der Durchmesser der für die Zeichnung bestimmten Oberfläche ist, so muſs man erstlich durch C eine Linie ab mit der in die Zeichnung zu bringenden Linie AB parallel ziehn, a und b sind dann die Puncte, wo man die unendlich entlegenen Theile der Linie AB auftragen müſste; um aber diese ganze Linie aufzutragen, muſs man zweitens den Punct, der in der Zeichnung die höchste oder tiefste Lage erhält, dadurch bestimmen, daſs man d um einen Quadranten von a und b entfernt nimmt und $de = \frac{r.h}{a}$ senkrecht hinauf oder hinab aufträgt, wenn r der Halbmesser der cylindrischen Zeichnungsfläche, a der senkrechte Abstand der Axe des Cylinders von AB, h die Höhe oder Tiefe dieser Horizontallinie über oder unter dem Augenpuncte ist; hat man diesen Punct gefunden, so stellt drittens die halbe Ellipse, deren Schei-

Digitized by Google

tel e und deren Durchmesser a b ist, die ins Unendliche verlängerte Horizontallinie A B dar. Sollen also mehrere parallele Horizontallinien gezeichnet werden, so sind diese auf der Cylinderfläche halbe Ellipsen, die sich alle in a, b schneiden und ihre Scheitel nach Maſsgabe des Quotienten $\frac{h}{a}$ höher oder tiefer haben. Da man aber in jedem Falle nur kurze Theile dieser Horizontallinien gebraucht, so erhält man für diese folgende Bestimmung. Es sey ein Punct A aufzutragen, der um den horizontalen Winkel $= \alpha$ von D C entfernt ist oder für den die durch C A gelegte Vertical-Ebene mit der durch C D gelegten Vertical-Ebene den Winkel $= \alpha$ macht, so ist dieses Punctes A horizontaler Abstand von der Axe des Cylinders $= \frac{a}{\text{Cos. } \alpha}$ und er ist daher in der Höhe oder Tiefe $= \frac{r\,h\,.\,\text{Cos. } \alpha}{a}$ aufzutragen. In der abgewickelten Cylinderfläche, wo dem Bogen α die Länge $= r\,.\,\alpha$ auf der Grundlinie des Gemäldes entspricht, gehören also zu Abscissen $= r\,.\,\alpha$, von d an gerechnet, Ordinaten $= \frac{h\,r\,.\,\text{Cos. } \alpha}{a}$, und daraus läſst sich die ganze Linie, die auf der Cylinderfläche selbst eine Ellipse ist, zeichnen. Es läſst sich leicht zeigen, daſs Theile der Horizontallinie, die dem nächsten Puncte derselben nahe liegen, auf der abgewickelten Cylinderfläche beinahe horizontal dargestellt werden, wogegen diejenigen, für welche $\alpha = 90^\circ$ ist, am stärksten, unter dem Winkel $= \varphi$, dessen Tangente $= \frac{h}{a}$ ist, geneigt dargestellt werden.

Für gerade Linien, die irgend eine Neigung gegen den Horizont haben, findet zuerst wieder die Bestimmung statt, daſs man ihre unendlich entfernten Theile dahin zeichnen müſste, wo eine durch den Augenpunct parallel zu jener Linie gezogene gerade Linie die Cylinderfläche trifft, das wäre in der Höhe $= \pm\, r\,.\,\text{Tang } \gamma$, wenn γ die Neigung der Linie gegen den Horizont bedeutet. Denkt man sich nun eine durch die Axe des Cylinders gehende Vertical-Ebene, senkrecht gegen die Vertical-Ebene, in welcher sich die Linie befindet, und nimmt an, daſs diese die Linie in dem horizontalen Abstande $= a'$ von der Axe und in der Höhe $= h'$ über dem Augenpuncte trifft, so muſs dieser Punct in der Höhe $= \frac{r\,h'}{a'}$ aufgetragen werden. Eine

Digitized by Google

Vertical-Ebene durch die Axe des Cylinders gelegt, die mit der vorigen den Winkel $= \alpha$ macht, trifft die Linie in einer horizontalen Entfernung $= \frac{a'}{\text{Cos.}\,\alpha}$ und in einer Höhe $= a'.\,\text{Tang.}\,\alpha.\,\text{Tang.}\,\gamma$ über dem vorigen, und dieser Punct der geraden Linie ist also in einer Höhe $= \frac{r.(h' + a'\,\text{Tang.}\alpha.\,\text{Tang.}\gamma)}{a'\,\text{Sec.}\,\alpha.}$ $= \frac{r\,h'\,\text{Cos.}\,\alpha}{a'} + r\,\text{Sin.}\,\alpha.\,\text{Tang.}\,\gamma$ aufzutragen. Der niedrigste oder höchste aufzutragende Punct liegt also da, wo $\frac{h'}{a'}\,\text{Sin.}\,\alpha = r.\,\text{Cos.}\,\alpha.\,\text{Tang.}\,\gamma$ oder $\text{Tang.}\,\alpha = \frac{r\,a'}{h'}\,\text{Tang.}\,\gamma$ ist.

Hieraus lassen sich alle für das Panorama geltende Zeichnungsregeln ableiten; aber freilich für die wichtigste Kunst, durch richtige Bestimmung des Lichtes und Schattens, durch richtige Abstufung der Lebhaftigkeit der Farben u. s. w. die Wirkung hervorzubringen, daſs der Zuschauer wirklich die sehr entfernten Gegenstände vor sich zu sehen glaubt, lassen sich nicht so leicht die Regeln angeben.

Nach Vieth's Angabe[1] hat Barker zuerst 1793 in London ein Panorama aufgestellt, welches die Gegend von Portsmouth und der Insel Wight darstellte. Das erste Panorama, das in Deutschland gezeigt wurde, ist, so viel ich weiſs, das Panorama von London im Jahre 1800 gewesen. *B.*

Pantograph,

auch *Storchschnabel* genannt (von πᾶν alles und γράφειν schreiben), ist ein Instrument, womit man in jeder Art von Reduction, entweder verkleinernd oder vergröſsernd, Figuren copirt. Der gemeine Pantograph oder Storchschnabel besteht aus 4 Stäben, welche mit einander verbunden sich ihre Bewegung in horizontaler Ebene so mittheilen, daſs zwei an den gehörigen Stellen durchgesteckte Stifte in gleichen Richtungen aliquote Räume durchlaufen, weswegen der eine diejenigen Figuren in proportionaler Gröſse auf ein untergelegtes Blatt zeichnet, die der andere auf der gegebenen Zeichnung durchläuft. Sonach dient also dieses Werkzeug zum genauen Copiren, verbunden

1 Vieth's Lehrb. d. physisch-angewandten Mathematik. 2ter Th. S. 109. Leipz. bei Barth 1826.

mit einer beliebigen Reduction, die neue Zeichnung aber wird der gegebenen um so ähnlicher, je sorgfältiger daſſelbe mit Vermeidung jedes todten Ganges in den Charnieren und einer Biegung der Stäbe und der Stifte gearbeitet ist. Eine sehr zweckmäſsige Einrichtung dieses seit langer Zeit bekannten Apparates mit sinnreicher Berücksichtigung aller zur gröſsten Genauigkeit erforderlichen Bedingungen hat PARROT[1] angegeben, wodurch derselbe geeignet wird, selbst Landcharten mit Sicherheit zu copiren. In München hat man den Pantographen so eingerichtet, daſs die gegebenen Zeichnungen zugleich dadurch umgekehrt werden, um vermittelst desselben die Figuren auf Stein zu zeichnen, wonach sie also nach dem Abdrucke wieder gerade erscheinen. Solcher Vorrichtungen bedient man sich auch anderweitig zu ähnlichen Zwecken.

Ein dem letztern Apparate ähnlicher, zu einem gleichen Gebrauche bestimmter Apparat ist der Ikonograph (von εἰκών das Bild und γράφειν schreiben, zeichnen), welchen J. LOHSE erfunden und neuerdings bekannt gemacht hat[2]. Er besteht aus einer verticalen, in irgend einem aliquoten Theile derselben nach allen Seiten hebelartig drehbaren, an beiden Enden mit beweglichen Stiften versehenen Röhre. Beim Gebrauche wird der obere Stift auf den Umrissen der Zeichnungen hingeführt, die dann der untere sogleich auf den Stein verkehrt aufträgt.

Diese Apparate werden zwar von den Physikern gebraucht, können aber nicht als eigentlich physikalische gelten und es wird daher eine allgemeine Andeutung derselben hier genügen.

M.

Parallaxe.

Parallaxis; parallaxe; *parallax*; (von παραλλάσσειν verändern, verschieden seyn) ist im Allgemeinen die Verschiedenheit des scheinbaren Ortes eines und desselben, von zwei verschiedenen Orten aus gesehenen Gegenstandes. Daher spricht man von Parallaxe, die bei dem Gebrauche eines Instrumentes aus ungleicher oder unrichtiger Stellung des Auges ent-

---

1 Mém. de l'Acad. de Petersb. 1831. T. I. Liv. 1.

2 J. LOHSE's Ikonograph u. s. w. Aus dem Jahresberichte der Hamb. Gesellsch. zur Verbreit. mathem. Kenntn. abgedr. Hamb. 1832.

Digitized by Google

steht, wodurch z. B. die Oberfläche des Quecksilbers im Barometer nicht auf den richtigen Theilstrich der Scale bezogen wird, wenn man das Auge zu hoch oder zu tief hält, wodurch die Theilstriche des Nonius fehlerhaft abgelesen werden, wenn er sich nicht nahe an die Hauptscale anschlieſst und das Auge seitwärts steht, wodurch das Einspielen des die Verticallinie bestimmenden Fadens vor dem Nullpuncte eines Instruments unsicher wird, wenn der Ort des Auges nicht strenge bestimmt ist u. s. w. Am meisten ist in der Astronomie von Parallaxe die Rede, indem es von ihr abhängt, daſs die Sonnenfinsternisse nicht an verschiedenen Orten der Erde gleich erscheinen, daſs die Bedeckungen der Sterne durch den Mond an einem Orte stattfinden, während am andern der Mond über oder unter dem Sterne vorbei zu gehn scheint. Ein Beispiel von der Berechnung der Entfernung eines Meteors durch die beobachtete Parallaxe kommt in dem Art. *Feuerkugel* vor.

In der Astronomie ist es vorzüglich die Zurückführung der Erscheinungen auf den Mittelpunct der Erde, welche eine Berechnung der Parallaxe nöthig macht. Da man nämlich alle Erscheinungen des Mondes, der Sonne und der Planeten für den Mittelpunct der Erde berechnet, so erfordert diese Berechnung, um mit einer Beobachtung verglichen zu werden, eine Corre-
Fig. 17. ction, die davon abhängt, daſs in dem Dreiecke CEL, wo C der Mittelpunct der Erde, E der Ort an ihrer Oberfläche, L der Himmelskörper ist, der Winkel CLE, ClE desto bedeutender wird, je kleiner die Entfernung CL oder Cl ist. Der Winkel CLE aber ist hier die Parallaxe oder die Aenderung der Richtung, in welcher der Gegenstand erscheint, wenn man sich von C nach E versetzt, und da die Fixsterne, ihrer allzu groſsen Entfernung wegen, keine Parallaxe haben, so ist dieses zugleich die scheinbare Veränderung des Ortes zwischen den Fixsternen. Dieses ist die *tägliche Parallaxe,* welche von der Gröſse und Gestalt der Erde abhängt, wogegen die *jährliche Parallaxe* sich auf die Erdbahn bezieht und diejenige Veränderung des scheinbaren Ortes eines Fixsternes angiebt, die dadurch entsteht, daſs die Erde nach und nach andere Stellungen in ihrer Bahn annimmt.

Digitized by Google

Die tägliche Parallaxe.

Schon Hipparch hat die Nothwendigkeit gefühlt, auf die Parallaxe des Mondes, weil seine Entfernung so gering ist, Rücksicht zu nehmen. Ptolemaeus hat diese Parallaxe zu beobachten gesucht, indem er richtig überlegte, daſs der Mond die vermöge seiner täglichen scheinbaren Bewegung in einem Parallelkreise berechneten Höhen nicht genau erreichen werde, selbst dann, wenn er selbst keine eigne Bewegung hätte, sondern daſs er am Horizonte uns weiter vom Zenith entfernt erscheinen müsse, als es dem Laufe in einem genauen Parallelkreise gemäſs wäre.

Die Berechnung der Parallaxe ist in Beziehung auf den Horizont am einfachsten. Es sey ABD die Oberfläche der Erde, Fig. 18.
C ihr Mittelpunct, L ein entfernter Himmelskörper, der also dem Orte B im Zenith steht. Hier ist für den Beobachter in E der Winkel CLE die Parallaxe und es ist

$\text{Sin. } CLE = \frac{CE}{CL} \text{ Sin. } ZEL$, wenn EZ die nach dem Zenith des Beobachters gezogene Linie ist. Der Sinus der Parallaxe ist also dem Halbmesser der Erde und dem Sinus der scheinbaren Zenithdistanz direct, dem Abstande des Himmelskörpers vom Mittelpuncte der Erde aber umgekehrt proportional. Wenn der Himmelskörper im Horizonte erscheint, so ist $ZEL = 90°$ und also die Parallaxe am gröſsten; sie heiſst dann die *Horizontalparallaxe*, deren Sinus folglich $= \frac{CE}{CL}$ ist; in allen andern Fällen ist CLE die *Höhenparallaxe*, weil des Gestirns L scheinbare Zenithdistanz ZEL um $ELC = lEL$ gröſser, also die scheinbare Höhe um eben so viel kleiner ist, als sie seyn würde, wenn das Gestirn keine Parallaxe hätte, d. h., weit genug entfernt wäre, um von E aus als nach der mit CL parallelen Richtung El erscheinend angesehn werden zu können. Da die Horizontalparallaxe und so auch die Höhenparallaxe von der Gröſse des Erdhalbmessers abhängt, so ist sie nicht an allen Orten der Erde gleich, sondern an den Orten gröſser, die eine geringere Breite haben.

Die Horizontalparallaxe ist gleich dem scheinbaren Halbmesser der Erde von dem Himmelskörper aus gesehn. Es Fig. 19.
sey nämlich L der im Horizonte des Ortes M stehende Him-

melskörper, so ist CLM gleich dem halben scheinbaren Durchmesser der von L aus gesehenen Erde und zugleich CLM die Horizontalparallaxe dieses Himmelskörpers.

Wegen der sphäroidischen Gestalt der Erde und der daraus entspringenden Ungleichheit der Horizontalparallaxe muſs man, um ganz bestimmte Angaben zu machen, die *Aequatoreal-Horizontalparallaxe* angeben. Diese ist für den Mond in seiner mittlern Entfernung ungefähr um $11\frac{1}{4}$ Sec. gröſser, als die Horizontalparallaxe des Mondes am Pole. Wegen der sehr ungleichen Entfernung des Mondes vom Mittelpuncte der Erde ist seine Aequatoreal-Horizontalparallaxe sehr ungleich, bei seiner gröſsten Entfernung $53' 30''$, bei seiner gröſsten Nähe $61' 29''$. Die Horizontalparallaxe der Sonne ist $= 8'',58$ für die mittlere Entfernung der Sonne. Für die uns zuweilen ziemlich nahe kommenden Planeten Mars und Venus ist sie nach Maſsgabe der ungleichen Entfernung sehr verschieden.

Auf der sphäroidischen Erde muſs man, um genau zu seyn, nicht bloſs auf den unter verschiedenen Breiten ungleichen Halbmesser der Erde, sondern auch auf den Winkel, den die durch das Loth bestimmte Verticallinie mit der nach dem Mittelpuncte der Erde gezogenen Linie macht, Rücksicht nehmen; diesen Gegenstand übergehe ich hier und werde nachher noch Formeln angegeben, die auch für die sphäroidische Erde anwendbar sind.

Die Frage, wie sich wegen der Parallaxe die Rectascensionen und Deklinationen eines Gestirns ändern, läſst sich auf folgende Weise beantworten. Es sey PQ die Erd-Axe, NCOM
Fig. 20. die Ebene des Aequators, L das beobachtete Gestirn, dessen geocentrische Deklination LCM = D ist; E sey der Beobachtungsort und dessen geographische Breite = B. Projicirt man L und E nach M und e auf die Ebene des Aequators, so ist leicht zu übersehn, daſs die Parallaxe in Beziehung auf die Rectascension eben so groſs ist für den von e aus gesehenen Punct M, als für den von E aus gesehenen Punct L, und da

$$Ce = r \,.\, \text{Cos. } B, \quad \text{so ist Sin. } CMe = \frac{r \,.\, \text{Cos. } B \,.\, \text{Sin. } MCe}{Me},$$

wenn r der Halbmesser der Erde CE ist, MCe = L ist offenbar der Längenunterschied zwischen denjenigen Orten, welchen L im Meridian erscheint, und dem Beobachtungsorte E. Die Rectascension wird also durch die Parallaxe gar nicht geändert, wenn

Digitized by Google

MCe = 0° oder = 180° ist, in welchen Fällen das Gestirn im südlichen oder nördlichen Meridiane erscheint; dagegen am meisten, wenn MCe = 90°, in welchem letztern Falle der Sinus der Rectascensionsparallaxe $= \frac{r \text{ Cos. } B}{Me}$ ist.

Was die Parallaxe der Abweichung betrifft, so ist, wenn CL = l, der Abstand des Gestirns von der Ebene des Aequators = l . Sin. D, der Abstand des Beobachters von der Ebene des Aequators = r . Sin. B und der auf den Aequator projicirte Abstand der Linie EL, nämlich eM, =

$$\sqrt{\{l^2 \text{ Cos.}^2 D - 2 r l \text{ Cos. } D . \text{Cos. } B . \text{Cos. } L + r^2 \text{ Cos.}^2 B\}},$$

folglich die scheinbare Deklination D' des Gestirns in E durch

$$\text{Tang. } D' = \frac{l \text{ Sin. } D - r \text{ Sin. } B}{\sqrt{(l^2 \text{ Cos.}^2 D - 2 r l . \text{Cos.} D \text{ Cos.} B \text{ Cos.} L + r^2 \text{ Cos.}^2 B)}}$$

$$= \frac{\text{Tang. } D - \frac{r \text{ Sin. } B}{l \text{ Cos. } D}}{\sqrt{\left(1 - \frac{2 r \text{ Cos. } B \text{ Cos. } L}{l \text{ Cos. } D} + \frac{r^2 \text{ Cos.}^2 B}{l^2 \text{ Cos.}^2 D}\right)}}$$ angegeben.

Wenn also ein unter 45° Breite beobachtender Astronom den Mond, für welchen $\frac{r}{l} = \frac{1}{60}$ ungefähr ist, im Meridiane und 6 Stunden vom Meridiane entfernt beobachtet, so ist, wenn der Mond im Aequator ist, das eine Mal

$$\text{Tang. } D' = \frac{-\frac{r}{l} \text{ Sin. } 45^\circ}{1 - \frac{r}{l} \text{ Sin.} 45^\circ} = 0{,}011926,$$

das andere Mal

$$\text{Tang. } D' = \frac{-\frac{r}{l} \text{ Sin. } 45^\circ}{\sqrt{\left(1 + \frac{r^2 \text{ Sin.}^2 45^\circ}{l^2}\right)}} = 0{,}011784.$$

D' nähme also von 41′ 0″ auf 40′ 30″ ab. Hieraus folgt, daſs man die Parallaxe des Gestirns nur sehr wenig bemerken würde, wenn man dasselbe in seinem täglichen scheinbaren Wege mit dem parallaktischen Instrumente verfolgen wollte, selbst wenn auch die Ungleichheit der Strahlenbrechung eine solche Beobachtung nicht ganz und gar unsicher machte.

Die Beziehung auf die Ekliptik fordert oft, namentlich bei Sonnenfinsternissen, eine Berechnung der durch die Parallaxe

Digitized by Google

hervorgebrachten Unterschiede zwischen der beobachteten und der geocentrischen Länge und Breite, also der *Längenparallaxe* und *Breitenparallaxe*. Aus dem Art. *Neunzigster* ist bekannt, daſs die Bestimmung der Länge des Nonagesimus uns für den bestimmten Ort und die bestimmte Zeit den höchsten Punct der Ekliptik, also denjenigen Punct, wo sie von einem Verticalkreise senkrecht geschnitten wird, angiebt. Alle Puncte des den Neunzigsten treffenden Verticalkreises haben also gleiche Länge, und obgleich wegen der Parallaxe das Gestirn dem Beobachter niedriger erscheint, als es aus dem Mittelpuncte der Erde erscheinen sollte, so ist doch damit keine Veränderung der Länge verbunden, wenn das Gestirn in jenem Verticalkreise steht oder mit dem Nonagesimus gleiche Länge hat. In allen andern Fällen muſs sowohl die Längenparallaxe als auch die Breitenparallaxe berechnet werden. Diese Berechnung wird gewöhnlich an die Länge und Höhe des Nonagesimus so geknüpft, daſs man
Fig. 21. in dem Dreiecke E L l den Winkel L E l und den Unterschied der Seiten E L, E l sucht. In diesem Dreiecke ist nämlich Z das Zenith, E der Pol der Ekliptik, L der wahre, l der durch die Parallaxe veränderte scheinbare Ort des Gestirns. Die Zenithdistanz Z L und die Höhenparallaxe L l sind bekannt, auch Z E gleich der Höhe des Nonagesimus und Z E L gleich dem Unterschiede der Länge des Nonagesimus und des Gestirns, woraus sich L E l als Längenparallaxe und E l — E L als Breitenparallaxe findet.

Olbers hat, indem er durch bequeme Ausdrücke für die auf die Ekliptik bezogenen Coordinaten des Beobachtungsortes die Berechnung des Nonagesimus erspart, leichtere Formeln angegeben, deren Ursprung sich so übersehn läſst. Wenn X, Y, Z auf die Ekliptik bezogene Coordinaten des Mondes sind, Z senkrecht auf die Ebene der Ekliptik, X in dieser Ebene in der Linie der Frühlingsnachtgleiche, Y auf diese Linie senkrecht, und x, y, z eben das für den Beobachtungsort; L die wahre, L′ die scheinbare Länge, λ die wahre, λ′ die scheinbare Breite; so hat man, wenn A den Beobachter, E den Mond
Fig. 22. bezeichnet, $DG = X - x$, $FT = Y - y$, $ES = Z - z$, $FBT = L'$, $EAS = \lambda'$, also $\text{Tang. } L' = \frac{Y - y}{X - x}$,

$\text{Tang. } \lambda' = \frac{(Z - z)}{(X - x) \text{ Sec. } L'} = \frac{ES}{BF}$. Die Entfernung des Mon-

Digitized by Google

des vom Mittelpuncte der Erde $CE = R$, die Entfernung des Beobachters vom Mittelpuncte der Erde $= r$ gesetzt erhält man $Z = R . \text{Sin.}\ \lambda$, $CF = R . \text{Cos.}\ \lambda$, $X = R . \text{Cos.}\ L . \text{Cos.}\ \lambda$, $Y = R . \text{Sin.}\ L . \text{Cos.}\ \lambda$. Man findet x, y, z am bequemsten, indem man zuerst auf dem Aequator u in der Linie der Frühlingsnachtgleiche, v gegen diese senkrecht, $u = r\ \text{Cos.}\ \alpha\ \text{Cos.}\ \beta$, $v = r\ \text{Sin.}\ \alpha\ \text{Cos.}\ \beta$, und auf den Aequator senkrecht $w = r\ \text{Sin.}\ \beta$ nimmt, wo α die geocentrische Rectascension des Beobachters, β seine geocentrische Deklination ist; da dann v, w, y, z, in der Ebene des Neigungswinkels der Ebenen des Aequators und der Ekliptik liegen, so giebt ε = Schiefe der Ekliptik

$$x = u = r\ \text{Cos.}\ \alpha\ \text{Cos.}\ \beta,$$

$$y = v\ \text{Cos.}\ \varepsilon + w\ \text{Sin.}\ \varepsilon = r(\text{Sin.}\ \alpha\ \text{Cos.}\ \beta\ \text{Cos.}\ \varepsilon + \text{Sin.}\ \beta\ \text{Sin.}\ \varepsilon),$$

$$z = w\ \text{Cos.}\ \varepsilon - r\ \text{Sin.}\ \varepsilon = r(\text{Sin.}\ \beta\ \text{Cos.}\ \varepsilon - \text{Sin.}\ \alpha\ \text{Cos.}\ \beta\ \text{Sin.}\ \varepsilon),$$

also $\text{Tang.}\ L' =$

$$\frac{R . \text{Sin.}\ L\ \text{Cos.}\ \lambda - r\,(\text{Sin.}\ \alpha .\ \text{Cos.}\ \beta .\ \text{Cos.}\ \varepsilon + \text{Sin.}\ \beta .\ \text{Sin.}\ \varepsilon)}{R . \text{Cos.}\ L\ \text{Cos.}\ \lambda - r\ \text{Cos.}\ \alpha . \text{Cos.}\ \beta}$$

und $\text{Tang.}\ \lambda' =$

$$\frac{\text{Cos.}\ L' \{R . \text{Sin.}\ \lambda - r\,[\text{Sin.}\ \beta\ \text{Cos.}\ \varepsilon - \text{Sin.}\ \alpha\ \text{Cos.}\ \beta\ \text{Sin.}\ \varepsilon]\}}{R\ \text{Cos.}\ L\ \text{Cos.}\ \lambda - r\ \text{Cos.}\ \alpha\ \text{Cos.}\ \beta}.$$

Diese Formeln werden noch etwas bequemer, wenn man $\frac{r}{R}$ $= \text{Sin.}\ \pi$ = Sinus der für den Beobachtungsort geltenden Horizontalparallaxe und $\text{Sin.}\ \alpha\ \text{Cotang.}\ \beta = \text{Tang.}\ \varphi$ setzt und dann $\text{Sin.}\ (\varphi + \varepsilon)$ und $\text{Cos.}\ (\varphi + \varepsilon)$ einführt [1].

Durch diese Formeln ist sogleich die scheinbare Länge und Breite selbst gefunden, und die sphäroidische Gestalt der Erde wird berücksichtigt, wenn man für r den Erdhalbmesser setzt, der dem Beobachtungsorte entspricht.

Umständlicher handelt von der Parallaxenrechnung: Wurm's praktische Anleitung zur Parallaxenrechnung, sammt neu berechneten Tafeln des Nonagesimus, nebst andern Hülfstafeln. (Tübingen, Cotta 1804.) Für den Einfluſs der Parallaxe auf den Abstand des Mondes von Fixsternen hat Horner Formeln und Hülfstafeln gegeben [2].

Um die Parallaxe durch Beobachtung zu finden, müſste man den Himmelskörper, während sich seine Entfernung nicht

1 Astronom. Jahrb. 1808. S. 196. 1811. S. 95.

2 De Zach Corr. astr. VII. 162.

Digitized by Google

merklich ändert, in einer hohen Stellung und in einer Stellung nahe am Horizonte beobachten; aber um genaue Resultate zu erhalten, müſste da die Strahlenbrechung sehr genau bekannt seyn und man müſste auf die eigene Bewegung des Himmelskörpers, des Mondes z. B., genau Rücksicht nehmen. Sicherer ist die Bestimmung, wo zwei Beobachter gleichzeitig an entfernten Orten beobachten. Liegen beide Orte unter einerlei Meridiane, so giebt der Unterschied der beobachteten Deklinationen im Meridiane sogleich die für den Abstand beider Orte stattfindende Parallaxe. Aus ähnlichen Beobachtungen hat man die Parallaxe des Mars zu bestimmen gesucht[1], um daraus seine wahre Entfernung und, wegen des genau bekannten Verhältnisses der Abstände, auch die Entfernung der Sonne zu berechnen. Indeſs läſst diese sich weit genauer aus den Durchgängen der Venus durch die Sonne finden[2].

Jährliche Parallaxe.

Parallaxe der Erdbahn; *Parallaxis orbis annui;* Parallaxe de l'orbite; *Parallax in reference to the annual Orb.* Wegen der Veränderung des Ortes der Erde in ihrer Bahn müſsten auch die Fixsterne eine Parallaxe zeigen, wenn sie nicht so sehr entfernt wären. Da alle Beobachtungen aber ergeben, daſs diese Parallaxe ganz unmerklich ist, so folgt daraus, daſs der Durchmesser der Erdbahn äuſserst gering gegen die Entfernung der Fixsterne seyn muſs. Es ist sehr einleuchtend, daſs die Parallaxe der Fixsterne die Breite derselben am gröſsten zeigen müſste, wenn die Erde dem Sterne am nächsten oder wenn der Stern der Sonne gegenüber steht, und am kleinsten, wenn die Erde am entferntesten von ihm ist oder der Stern nahe bei der Sonne erscheint, und so auch, daſs die Länge durch eine Parallaxe Aenderungen leiden würde. Piazzi berechnete die Zeiten, da die Parallaxe in der Deklination am gröſsten und am kleinsten wird, und indem er zu diesen Zeiten beobachtete, glaubte er bei mehreren Sternen eine merkliche Parallaxe zu finden, wogegen aber andere Beobachtungen, namentlich von Bradley und v. Lindenau, die Parallaxe

---

1 Mém. de l'Acad. de Paris. 1760. p. 292.

2 S. Art. *Durchgang.*

als ganz unmerklich angeben. Von Zach hat die verschiedenen Methoden, deren man sich bedienen könnte, beurtheilt und zugleich gezeigt, wie bisher durch alle sichere Beobachtungen immer mehr die Ueberzeugung bestätigt worden ist, daſs diese Parallaxe unmerklich sey [1].

Die einzelnen Bemühungen, die man in neuern Zeiten angewandt hat, um die Parallaxe der Fixsterne zu bestimmen, kommen schon im Art. *Fixsterne* [2] vor; in früherer Zeit hat schon Tycho [3] gefunden, daſs seine, freilich unvollkommenen, Beobachtungen des Polarsterns keine Parallaxe gaben. Hook, Flamsteed, Cassini, Horrebow beschäftigten sich mit diesen Beobachtungen und der letztere glaubte eine Parallaxe gefunden zu haben [4]; aber man lernte schon bald nachher aus Bradley's Beobachtungen der Aberration, daſs die Parallaxe nicht merklich sey. *B.*

Parallaktisches Instrument.

Instrumentum parallacticum; machine parallactique ou parallatique; *parallactic Stands* [5].

Unter dem Namen eines parallaktischen Instruments hat schon Ptolemaeus ein Instrument angewandt, das zu genauen Höhenbestimmungen diente und durch diese die Parallaxe des Mondes zu bestimmen gebraucht werden sollte. Es bestand aus zwei gleichen Linealen, deren eines mit Dioptern versehn zum Visiren bestimmt war, während das andere mit einem Lothe vertical gestellt wurde. Eine eingetheilte Scale bildete die dritte Seite des gleichschenkligen Dreiecks. War nun die eine der gleichen Seiten vertical gestellt, die andere nach dem Gestirne gerichtet, so gab die Anzahl der auf der Scale abgeschnittenen Abtheilungen die Sehne des Abstandswinkels vom Zenith [6].

Jetzt nennen wir diejenige Aufstellung eines Fernrohrs parallaktisch oder parallatisch, wo das Fernrohr so mit einer festen

---

1 Mon. Corr. XVIII. 407. XIX. 38. 234.

2 S. dieses Wörterb. Bd. IV. S. 326.

3 Keppler Epit. astron. Cop. Lib. III. p. 493.

4 Copernicus triumphans. Hafn. 1727.

5 Schubert schreibt: parallatische Maschine. Popul. Astronomie. I. S. 175.

6 Schubert astr. théorique I. 208. Montucla hist. I. 307.

Digitized by Google

Axe verbunden ist, daſs es, einmal festgestellt, einen immer gleichen Winkel mit dieser Axe macht, während es um sie herumgeführt wird, daſs es aber unter jedem willkürlichen Winkel gegen die Axe festgestellt werden kann. Jene feste Axe muſs aufs genaueste der Weltaxe parallel gestellt werden und das so aufgestellte Fernrohr durchläuft dann eine Kegelfläche, deren Axe die Weltaxe ist; der im Mittelpuncte des Fadenkreuzes gesehene Gegenstand hat also einen immer gleichen Abstand vom Pole und das Instrument dient, um ein Gestirn, während es vermöge der täglichen Bewegung auf einerlei Parallelkreise fortrückt, zu verfolgen oder auch dasselbe, wenn man seine Deklination kennt, aufzusuchen. Die Bequemlichkeit dieser Einrichtung ist einleuchtend, da man, nachdem das Instrument einmal auf den richtigen Abstand vom Pole gestellt ist, selbst bei einem kleinen Sehefelde nicht fürchten darf, den Gegenstand zu verfehlen, wenn man das Fernrohr bloſs in der Richtung der täglichen Bewegung fortrückt.

Schon Scheiner hat sich eines solchen Instruments, das er *instrumentum heliotropicum* nennt, bedient[1]. Neuere und vorzügliche Einrichtungen von Smeaton und Dollond beschreibt Pearson[2]. Da ich in dem Art. *Heliometer* schon eine genaue Beschreibung und Abbildung der parallaktischen Aufstellung dieses Instruments gegeben habe, so halte ich es für unnöthig diese zu wiederholen. Jene von Pearson beschriebenen Einrichtungen bieten eben keine Gelegenheit zu neuen Betrachtungen dar; die Smeaton'sche ist bloſs für *eine* bestimmte Polhöhe angeordnet, bei den übrigen findet eine Stellung der Axe, andern Polhöhen gemäſs, statt. *B.*

Parallelkreise.

Circuli paralleli; Parallèles; *Parallels.*

Die mit dem Aequator auf der Himmelskugel und auf der Erdkugel parallelen Kreise führen vorzugsweise diesen Namen. Am Himmel sind sie zugleich diejenigen, in welchen irgend ein Gestirn seine tägliche scheinbare Bewegung vollendet.

Auf der Erdkugel haben alle auf demselben Parallelkreise liegende Orte gleichen Abstand vom Aequator, also gleiche geo-

1 Rosa ursina, sive sol etc. (Bracciano 1626.) Lib. III. p. 347.
2 Introduction to practical Astronomy. Vol. II. p. 42.

Digitized by Google

graphische Breite. Der durch einen bestimmten Ort mit dem Aequator parallel gezogne Kreis heiſst dieses Ortes Parallelkreis.

Da diese Kreise immer kleiner werden, je mehr man sich dem Pole nähert, so wird, da sie dennoch in 360 Grade getheilt werden, jeder Grad auch um so kleiner. Es sey E ein Fig. 23. Ort auf der Erdkugel, dessen geographische Breite BE = b ist, so ist offenbar EF = r. Cos. b der Halbmesser des durch E gehenden Parallelkreises DE und in eben dem Verhältnisse 1 : Cos. b, wie der Halbmesser sich gegen den Halbmesser r der Erde verkleinert, werden auch die Grade des Parallelkreises DE kleiner.

Eine Tafel über die Gröſse dieser Grade unter verschiedenen Breiten findet man im Art. *Erde*[1]. Der Name *Canonion Apiani*, den man sonst den Tafeln über die Gröſse der Parallelkreise und ihrer Grade beigelegt hat, scheint wenig mehr in Gebrauch zu seyn; er kommt daher, daſs Peter Apianus (Bienewitz) eine solche Tafel mitgetheilt und die Grade der Parallelkreise in Meilen und Sechzigsteln der Meilen angegeben hatte[2]. Diese Gröſse der Grade auf den Parallelkreisen heiſst auch die Gröſse der Längengrade unter verschiedenen Breiten.

Die Parallelkreise werden von den Meridianen rechtwinklig geschnitten; sie gehn also von Osten nach Westen, und wenn man auf der Erde immer in dieser Richtung fortgeht, so bleibt man auf einem und demselben Parallelkreise. Die Polarkreise und Wendekreise sind zugleich Parallelkreise. *B.*

Parallelstrahlen.

Radii paralleli; Rayons parallèles; *Parallel rays.* Lichtstrahlen, die mit einander parallel sind. Da die von einem einzigen Puncte ausgehenden und auf verschiedene Puncte eines und desselben Linsenglases fallenden Strahlen CA, CB oder Fig. 24. DA, DB desto weniger divergiren, je entfernter der leuchtende Punct C oder D ist, so sehn wir für sehr entfernte Puncte die von ihnen kommenden Strahlen als Parallelstrahlen an und sagen daher von einem Auge, das fernsichtig ist, es sehe nur da deutlich, wo es parallel auffallende Strahlen erhalte; daſs diese

---

1 S. dieses Wörterb. Bd. III. S. 935.

2 Cosmographicus liber. Ingolst. 1524.

Digitized by Google

Strahlen nicht im strengsten Sinne parallel sind, versteht sich von selbst. Nach dem Durchgange durch ein convexes Glas werden diejenigen Strahlen genau parallel, die divergirend vom Brennpuncte des Glases auf dasselbe auffielen. *B.*

Passagen-Instrument.

Durchgangs-Instrument, Mittagsfernrohr; *Instrumentum transitus;* Instrument des passages; *Transit-instrument.*

Ein Fernrohr, das in der Ebene des Meridians beweglich aufgestellt ist und daher dient, die Durchgänge der Sterne oder der Sonne durch den Meridian, mithin die Zeit der Culmination zu beobachten. Von dem bloſsen Mittagsfernrohre fordert man nicht, daſs auch die genaue Höhe des Gestirns im Mittage bestimmt werde, sondern hierzu dient der *Mittagskreis*; indeſs bedarf das Passagen-Instrument auch eines in der Mittagsfläche stehenden, wenn auch nicht überaus vollkommen getheilten Kreises, um das Fernrohr so zu richten, daſs das zu beobachtende Gestirn durch das Feld des Fernrohrs gehe.

Römer hat zuerst dieses, nachher von den Astronomen mit so groſsem Beifalle aufgenommene, Instrument angegeben [1]. Der Zweck, den man dadurch erreichen will, ist, theils den Gang der Uhr zu prüfen und zu berichtigen, indem man Sterne, deren Rectascension genau bekannt ist, im Meridiane beobachtet, theils die Rectascension der noch nicht bestimmten oder neu erscheinenden Gestirne anzugeben.

Beschreibung des Instruments.

Die wesentlichsten Theile des Instruments sind: ein Fernrohr, das senkrecht mit einer Axe verbunden ist, Unterstützungen, auf denen diese Axe ruht, und Mittel, um die genau richtige Stellung zu bewirken. Um dem Instrumente eine recht feste Aufstellung zu geben, werden die Pfeiler, auf welchen die beiden Enden der Axe des Instruments ruhn, sehr fest gegründet, um möglichst unveränderlich zu seyn. Bei dem Instrumente auf der Königsberger Sternwarte bestand der Hauptheil eines

1 Miscellan. Berolinens. III. 276.

Digitized by Google

jeden Pfeilers aus einem 70 Zoll hohen, 24 Zoll breiten, 15 Zoll dicken Granite und diese behauenen Granite ruhten auf einem groſsen Granitblocke, der tief in der Erde völlig unerschütterlich zu liegen schien. Mit den Mauern des Gebäudes setzt man diese Pfeiler nicht in Verbindung. Bei der Schärfe, die unsere jetzigen Beobachtungen gestatten, bemerkte man aber dennoch an diesem Königsberger Instrumente eine theils im Fortgange der Zeit zunehmende, theils von der Wärme abhängige, ungleiche Aenderung der Lage[1]. Daſs das Instrument nicht in bedeutender Höhe über der Erde, auf hohen Mauern oder gar auf dem unsichern Fuſsboden eines obern Stockwerks aufgestellt werden darf, läſst sich hieraus schon übersehn, indem es in einer solchen Lage gewiſs Schwankungen, die bei vollkommen genauer Beobachtung schon sehr groſs genannt werden müſsten, unterworfen seyn würde. Die Sicherheit der Aufstellung wird desto nothwendiger, je vollkommener das Instrument ist, indem daselbst die kleinsten, aus der Aufstellung entstehenden Fehler sichtbar werden. Was die verschiedenen Anordnungen der Aufstellung betrifft, so kommen diese zwar in den wesentlichsten Puncten überein, aber die Künstler haben doch bald auf eine, bald auf die andere Weise den einzelnen Instrumenten Vorzüge zu geben gesucht. Da ich bei diesen Einzelnheiten nicht verweilen kann, so bemerke ich nur, daſs Pearson sowohl das mit einem zehnfuſsigen Fernrohre von 5 Zoll Oeffnung versehene Passagen-Instrument in Greenwich von Troughton, als auch das von Cary verfertigte in Moskwa umständlich beschreibt[2], und begnüge mich, die Beschreibung eines kleinern Instruments von Jones, nach Pearson's Anleitung und mit Beifügung einer Copie seiner Abbildung, hier mit- Fig. 25.
zutheilen[3]. Diese Zeichnung stellt die wichtigsten Theile des Instruments mit vollkommener Deutlichkeit dar und schien mir daher vor andern Abbildungen einen Vorzug zu verdienen. Das Instrument kann noch zu den tragbaren gerechnet werden, obgleich es für ein Fernrohr von 48 Zoll Brennweite und 3½

---

1 Bessel's astron. Beobachtungen I. S. V.

2 Pearson introduction to practical Astronomy II. 362. 366. Nachrichten von einem Reichenbach'schen Mittagsfernrohr, in Astr. Jahrb. 1822. S. 236.

3 Pearson II. 318.

Digitized by Google

Zoll Oeffnung eingerichtet ist; es ist daher mit einem auf die Grundlage a b aufzusetzenden Gestelle versehn, dessen horizontaler Theil mit vier Schrauben, deren zwei w, w die Figur zeigt, richtig gestellt wird und dessen beide verticale metallne Säulen e f, e′ f′ die Axe des Instruments tragen. Bei gröſsern und für immer feststehenden Instrumenten nehmen die oben erwähnten Granitsäulen, an deren oberem Theile sich die Unterlagen der Axe befinden, die Stelle der Säulen e f, e′ f′ ein. An dem obern Theile jeder dieser Säulen ist ein Y-förmiges Stück zum Auflegen der Axe befestigt; eine dieser Unterlagen gestattet eine horizontale Bewegung vermittelst einer Schraube, um der Axe die vollkommen genaue Richtung senkrecht gegen den Meridian zu geben, die andre eine verticale Aenderung, um die horizontale Lage der Axe zu berichtigen. Die Axe g g′ besteht aus zwei kegelförmigen und einem mittlern hohlen Stükke, welches letztere die beiden Hälften des Fernrohrs aufnimmt. Hauptsächlich muſs das Fernrohr mit vollkommner Genauigkeit seine optische Axe senkrecht gegen die Drehungs-Axe haben. Die Axe ist bei g mit einem über die Unterlage hinausgehenden Fortsatze versehn und ihr Mittelpunct fällt zusammen mit dem Mittelpuncte eines senkrecht gegen sie befestigten Kreises, den die Figur nur im Seitenquerschnitte zeigt. Dieser eingetheilte Kreis dient, um das Fernrohr auf jede beliebige Höhe einzustellen und auch, so weit es die Gröſse und Genauigkeit der Theilung erlaubt, die Dienste eines Mittagskreises zu vertreten, nämlich die Höhe des culminirenden Gestirns anzugeben, wozu indeſs das Instrument als bloſses Passagen-Instrument eigentlich nicht bestimmt ist. Da der Kreis mit der Axe und dem Fernrohre fest verbunden ist, so muſs man die Schraube k lösen, wenn man das Fernrohr auf einen Gegenstand in bestimmter Höhe richten will, und diese Schraube hält das Fernrohr in seiner festen Stellung während der Beobachtung. Das Ablesen der Höhe geschieht mit Hülfe eines Vernier, dessen Index in genau verticaler Stellung befestigt ist. Dieser Vernier ist an dem auch in der Figur im Seitendurchschnitte sichtbaren, um die Axe g g′ drehbaren, an der Ebene des Kreises, gleichsam wie eine Alhidade, anliegenden und einen Durchmesser desselben darstellenden Stücke befestigt; dieses wird, während Kreis und Fernrohr frei bleiben, durch die Schraube h′ (oder beim Umlegen der Axe durch h) festgestellt, und indem man nun

Digitized by Google

das Fernrohr mit dem Kreise vereinigt dreht, giebt die dem Index dieses Vernier entsprechende Anzahl von Graden auf dem Kreise die Zenithdistanz oder Höhe an, jenachdem die Numerirung der Grade am Kreise es mit sich bringt. Zur richtigen Stellung des Index dient die Schraube, auf deren Kopf man in der Zeichnung gerade aufsieht und deren Kopf neben h' kreisförmig zu sehn ist; es wird nämlich an einem gegen jene Alhidade senkrechten und fest mit ihr verbundenen Arme ein Niveau angehängt und durch die eben erwähnte Schraube zugleich der Index und das Niveau langsam fortgerückt, bis das Niveau genau einspielt; dann ist der Index berichtigt. Diese eben erwähnten Gegenstände glaubte ich nur zum Verstehn der einzelnen Theile der Figur erklären zu müssen und zu eben dem Zwecke führe ich auch an, daſs man in der Figur zwei an der Alhidade befestigte Mikroskope zum Ablesen u, v sieht; diese Theile werden insgesammt dann gebraucht, wenn man das Instrument als Mittagskreis anwendet, so daſs ich deren Erwähnung im vorliegenden Falle übergehn könnte. Will man nämlich das Instrument bloſs als Passagen-Instrument benutzen, so bedarf es, da es äquilibrirt in jeder Stellung ruht, der Feststellung nicht und auch die vollkommen scharfe Berichtigung des Index ist dann nicht so nöthig; ja der Index kann dann an dem Kreise anliegend mit ihm fortbewegt werden. Um aber die Axe horizontal zu stellen, dient das auf die richtige Weise an die Axe angehängte Niveau[1] und Schrauben, welche so lange berichtigt werden, bis das mit der Axe parallele Niveau xx, welches die Figur gleichfalls zeigt, horizontal steht. Die cylindrischen Enden, mit welchen die Axe aufliegt, müssen im strengsten Sinne cylindrisch seyn, damit bei der Drehung der Axe und der Stellung des Fernrohrs auf verschiedene Höhen die Horizontalität der Axe ungestört bleibe. Sie muſs mit einer horizontalen Correction versehn seyn, damit man, wenn sie um etwas Geringes von der östlichen und westlichen Stellung abweicht, die Richtigkeit der Lage herstellen könne. Die Figur zeigt endlich noch die zur Erleuchtung der Fäden bestimmte Laterne am andern Ende der Axe, die durch die Höhlung der Axe ihr Licht auf die Fäden des Fernrohrs wirft. Bei o läſst sich ein Silberfaden einhängen, der durch ein in dem Metalle der Axe ange-

1 Vergl. Art. *Nivelliren.*

brachtes Loch herabhängt und durch die bei p, q angebrachte Vorrichtung (ein Ocular, dem ein Merkmal, worauf der Faden einspielen muſs, gegenüberſteht) beobachtet wird, um auf eine andere Weise zu prüfen, ob das Fernrohr vertical ist, wenn der Index eine verticale Lage angiebt. Wenn o auf der Vorderseite des Fernrohrs, nämlich auf der Seite, die in der Figur gerade vor dem Auge liegt, angebracht ist und ein Merkmal für das Einspielen des Lothes gehörig angebracht ist, so könnte dieses zum Nivelliren der Axe, jedoch nur beschränkt auf die verticale Stellung des Fernrohrs, dienen.

Prüfung der richtigen Aufstellung.

Der Künstler muſs das Passagen-Instrument so ausgeführt haben, daſs die optische Axe des Fernrohrs senkrecht gegen die Drehungs-Axe ist. Um dieses zu prüfen, richtet man das gehörig mit der Axe aufliegende Instrument horizontal und beobachtet mit völliger Schärfe einen im Mittelfaden des Fernrohrs erscheinenden unbeweglichen Punct; man legt alsdann die Axe um, so daſs g da zu liegen kommt, wo so eben g′ war, und beobachtet eben den Gegenstand. Bedeckt dann der Mittelfaden genau denselben Punct, so ist das Fernrohr senkrecht gegen die Axe, im entgegengesetzten Falle muſs die Hälfte des Fehlers an der Stellung der optischen Axe des Fernrohrs corrigirt werden. Die so berichtigte Stellung kann man dann auch, nach Carlini's Bemerkung, durch den Polarstern prüfen, wenn man diesen bei seinem Durchgange in den ersten Fäden und im Mittelfaden beobachtet, dann aber die Axe umwendet und ihn nun in den folgenden Fäden beobachtet; da die jetzt zuletzt erreichten Fäden eben die sind, die der Stern früher zuerst erreichte, so müssen die Zwischenzeiten für die einzelnen Fäden vor und nach dem Antreffen an den Mittelfaden genau gleich seyn; das Gegentheil würde zeigen, daſs die optische Axe des Fernrohrs eine kleine Berichtigung bedürfte.

Die Prüfung, ob die Axe horizontal ist, geschieht vermittelst des Niveau's, indem man dieses an die Axe anhängt; ist die Axe nicht genau horizontal, so bringt man durch die an der einen Unterlage angebrachte feine Bewegung das Niveau zum Einspielen auf den richtigen Punct; das Umlegen der Axe zeigt, bei Wiederholung derselben Operation, zugleich, ob das Niveau richtig ist und ob die Zapfen gleich sind. Wiederholt man eben

Digitized by Google

den Verſuch bei verſchiedenen Stellungen des Fernrohrs, ſo erhält man zugleich die Prüfung der richtigen Form der Axen.

Die richtige Aufſtellung in Beziehung auf den Meridian muſs man durch Beobachtung von Sternen prüfen. Man ſetzt hierbei voraus, daſs die Uhr genau geprüft ſey und als frei von Fehlern könne angeſehn werden, und dann iſt es offenbar, daſs ein Stern, den man im obern und im untern Durchgange beobachtet, eine Zwiſchenzeit von genau 12 Sternſtunden geben wird, wenn das Inſtrument im Meridiane ſteht, wogegen der Tagekreis des Sternes durch einen nach Oſten oder Weſten vom Meridiane abweichenden Verticalkreis in zwei ungleiche Hälften getheilt wird, alſo beide Culminationen im einen Falle zu kurze, im andern zu lange Zwiſchenzeiten geben. Kann man ſich auf den Gang der Uhr nicht ganze 12 oder 24 Stunden lang verlaſſen, ſo iſt folgende Methode beſſer. Man wählt zwei Sterne, die beide in ihrer obern und untern Culmination beobachtet werden können, deren Rectaſcenſionen ziemlich nahe um 180° verſchieden und zugleich genau bekannt ſind. Man beobachtet nun nach einer wenigſtens für dieſe kurze Zeit zuverläſſigen Uhr die Zwiſchenzeit zwiſchen dem obern Durchgange des Sternes A und dem untern des Sternes B und eben die Beobachtung wiederholt man nach 12 Stunden für den obern Durchgang von B und den untern von A. Es iſt klar, daſs für ein Inſtrument, welches ſich in einer oſtwärts abweichenden Vertical-Ebene bewegt, die obern Durchgänge zu früh, die untern zu ſpät erfolgen und alſo der Fehler der Stellung offenbar wird[1]. Da man die Stellung gleich anfangs durch ganz gewöhnliche Mittel ziemlich nahe richtig erhalten kann, ſo bedarf es dann nur derjenigen kleinen Correction in horizontaler Richtung, wozu die Axe des Inſtruments eingerichtet iſt.

Bei den gröſsern und ſchweren Inſtrumenten dieſer Art iſt es nothwendig, die auf die Unterlagen der Axe drückende Laſt zu vermindern, um dadurch die Reibung kleiner zu machen und auch das bei langem Gebrauche in einigem Grade eintretende Abnutzen der Axe zu hindern. Dazu dienen ſchicklich angebrachte Gegengewichte, die für jedes Ende der Axe ſich an ei-

---

1 Ein Verzeichniſs von Sternen, die ſich hierzu eignen, giebt Bode Aſtr. Jahrb. 1816. S. 242. Ueber andre zu dieſem Zwecke führende Mittel ſ. v. Zach's Mon. Corr. III. 344.

Digitized by Google

nem Hebel, dessen Hypomochlium auf dem Pfeiler liegt, an der äuſsern Seite des Pfeilers befinden, während der andre Arm des Hebels eine an der innern Seite des Pfeilers liegende, die Axe unterstützende Unterlage trägt. Auch die Beugung des Fernrohrs muſs der Künstler bei Instrumenten, die so groſse Genauigkeit geben sollen, zu hindern suchen. Zu diesem Zwecke hat Troughton an dem Passagen-Instrumente in Greenwich metallene Verbindungsstücke, die unter 45° gegen Axe und Fernrohr geneigt sind, angebracht, damit die Beugung wenigstens kein Abweichen von der rechtwinkligen Lage des Fernrohrs gegen die Axe hervorbringen könne. Diese Verbindungsstücke sind es, die Woodhouse Veranlassung gaben, die Abweichung zu untersuchen, welche aus ungleicher Erwärmung einzelner Theile des Instruments hervorgehn könnten und bei seinem Instrumente wirklich hervorgingen[1]; aber South's Beobachtungen scheinen zu ergeben, daſs die ungleiche Erwärmung durch die Sonne bei dieser Einrichtung keine merklichen Fehler hervorbringe, und Pearson äuſsert sich miſsbilligend über Woodhouse's Verfahren, *to torture the instrument by wrapping the opposite braces in heated flannel and exposing the others naked to the cold air.* Indeſs zeigen Bessel's genaue Beobachtungen[2], daſs man diese Einwirkung der Sonnenstrahlen doch nie aus den Augen lassen darf und daher das Instrument gegen dieselben beschirmen muſs. Nimmt man aber auf alle diese Umstände gehörige Rücksicht, so läſst sich die Rectascension eines Sternes mit groſser Genauigkeit durch das Passagen-Instrument finden. Walbeck giebt den wahrscheinlichen Fehler nach Beobachtungen in Dorpat im Aequator nur zu 0,4 Raumsecunden an und für gröſsere Deklinationen noch geringer[3].

Das Bisherige bezog sich auf diejenigen Anwendungen des Passagen-Instruments, zu denen es eigentlich bestimmt ist;

---

1 Phil. Transact. for 1825. II Part. p. 418. 1826. II. P. p. 75. 1827. p. 144.

2 Bessel's astr. Beob. V. S. II.

3 Astr. Jahrb. 1823. S. 188. Daſs, wenn nicht von relativer Uebereinstimmung, sondern von absoluter Richtigkeit die Rede ist, die aus individueller Ungleichheit in der Beobachtung entstehende Unsicherheit zu berücksichtigen sey, verdient hier beiläufig erwähnt zu werden. Bessel's astron. Beob. VIII. S. I.

Digitized by Google

bei andern Anwendungen glaube ich hier nicht lange verweilen zu dürfen, sondern werde nur kurze Andeutungen mittheilen und Nachweisung zu weiterer Belehrung geben. Bessel nämlich hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, daſs man dieses Instrument in einer Aufstellung, bei welcher die Drehungs-Axe im Meridiane liegt, das Fernrohr also sich in einem östlich und westlich liegenden Verticalkreise bewegt, und zu Bestimmung der Polhöhe anwenden könne. Ich glaube dieses am kürzesten deutlich zu machen, wenn ich die Lage der Ebene, in welcher das Fernrohr sich bewegt, als ganz genau vertical und als ganz genau senkrecht auf den Meridian voraussetze; alsdann nämlich geben die beiden Durchgänge des Sternes, der östliche und westliche, eine Zwischenzeit, die uns den südlich vom Zenith abgeschnittenen Theil des Tagekreises dieses Sternes kennen lehrt und folglich, mit Hülfe der genau bekannten Deklination des Sternes, die Polhöhe zu finden dient; umgekehrt kann man die Deklination des Sternes finden, wenn die Polhöhe genau bekannt ist. Diese Methode, die Polhöhe zu bestimmen, ist von Schumacher, Hansen, Struve und Bessel selbst mit Vortheil angewandt worden. Sie hat übrigens Veranlassung zu genauen Untersuchungen über den Fall, wo theils die Aufstellung nicht vollkommen genau, theils das Fernrohr nicht vollkommen senkrecht auf die Axe ist, gegeben und Bessel sowohl als Hansen haben durch diese Untersuchungen die Theorie des allgemeinen Gebrauchs des Passagen-Instruments sehr erweitert [1].

B.

Pedometer.

Die ältern *Schrittzähler*, unter denen der von Hohlfeld angegebene wohl entschieden den Vorzug hat, sind bereits oben [2] beschrieben worden. Kürzlich hat der Uhrmacher W. Payne in London ein neues Taschen-Pedometer erfunden und patentisiren lassen, welches beim Gehen, Reiten und Fahren in der Tasche getragen wird. Ein Pendel in demselben soll dann bei jeder Bewegung oscilliren und durch seine Schwingung das mit ihm verbundene Rad um einen Zahn fortschieben, so daſs des-

---

1 Schumacher's astr. Nachr. III. No. 49. V. Nr. 126. 131. 141.

2 Art. *Hodometer* Bd. V. S. 271.

sen Zeiger die Einheiten angiebt, während die eiger der mit ihm verbundenen Räder die Vielfachen nach bekannten Gesetzen zählen. Es scheint mir jedoch nicht, daſs auf diese Weise die Summe der Schritte mit Sicherheit zu erhalten sey. *M.*

P e n d e l.

Pendulum, Funependulum; Pendule; *Pendulum.*

Das Wort *Pendel* ist aus dem Lateinischen (*pendere,* herabhängen) entnommen und bezeichnet zunächst jeden herabhängenden Körper. Mit dem Begriffe des Herabhängens verbindet man zugleich einen andern, nämlich den des Befestigtseyns in irgend einem Puncte, von welchem derselbe dann auf eine solche Weise herabhängt, daſs er um diesen beweglich ist. Beim Vorhandenseyn dieser Bedingung wird der Körper in Folge der unablässig auf ihn einwirkenden Schwere so herabhängen, daſs eine durch den Aufhängepunct und den Schwerpunct gehende gerade Linie, bis zur Horizontal-Ebene verlängert, mit letzterer bloſs rechte Winkel bildet, welche Linie zugleich die *Falllinie* genannt wird, weil er in dieser zu fallen das Bestreben äuſsert. Wird der Körper durch irgend eine Kraft so bewegt, daſs die genannte Linie, welche zugleich die lothrechte oder verticale heiſst, mit der Horizontal-Ebene ungleiche Winkel bildet, so muſs nach dem Aufhören der Wirkung dieser Kraft der Körper durch die stets wirkende Schwere in seine ursprüngliche Lage wieder zurückkehren oder sein Schwerpunct wird bis zur gröſstmöglichen Tiefe wieder herabsinken; indem er aber hiernach in Bewegung gesetzt ist, so kann er vermöge der Trägheit in dieser Lage nicht augenblicklich beharren, sondern muſs nach der entgegengesetzten Seite mit der erlangten Fallgeschwindigkeit wieder aufsteigen, bis die Wirkung der Trägheit erschöpft ist. Aus diesen elementaren Gesetzen folgt also, daſs ein solcher herabhängender Körper, das Pendel, im Zustande der Ruhe diese lothrechte oder verticale Linie angiebt, sobald sein Schwerpunct und Aufhängepunct gegeben ist, welches am einfachsten im sogenannten *Senkel* geschieht, einem an einem dünnen Faden herabhängenden schweren Körper, wobei der Faden die Richtung der genannten Linie bezeichnet, und daſs ein einmal in Bewegung gesetztes und dann sich selbst überlassenes Pendel so lange hin und her in einer beliebigen

Ebene oscillirt, bis die Hindernisse der Bewegung es zum Stillstande bringen.

Das Pendel kommt unter beiden angegebenen Modificationen häufig in Anwendung. Als bloſs herabhängend zur Auffindung der Verticallinie oder Falllinie besteht dasselbe am einfachsten und zweckmäſsigsten aus einem Stücke Blei an einem feinen, aber zum Tragen hinlänglich starken Faden, welche Einrichtung so gemein ist, daſs ein solcher Apparat schlechthin das *Loth* oder auch das *Bleiloth* und das Suchen der verticalen Linie das *Lothen*, *Ablothen*, so wie die Herstellung der horizontalen Ebene vermittelst desselben das *Abbleien*, *ins Blei-Legen* genannt wird[1]. Statt des Bleies nimmt man jedoch selbst für gemeine technische Instrumente zuweilen messingne Kugeln, für physikalische und mathematische Instrumente geschieht dieses allezeit, und zugleich läuft dann die Kugel unten in eine Spitze aus, um durch diese genauer den Punct zu bestimmen, wo die verlängerte Falllinie die Oberfläche der Erde trifft. Bei astronomischen Werkzeugen, namentlich groſsen Sectoren, giebt ein gemeiner Faden die Verticallinie für die erforderliche Genauigkeit nicht hinlänglich scharf und wird daher mit einem feinen Metallfaden, meistens einem Silberfaden, vertauscht, und weil die Lothe auſserdem durch die geringfügigsten Ursachen leicht in Schwankungen versetzt werden, aus diesen aber nur langsam zur völligen Ruhe kommen, so senkt man das Gewicht in ein Gefäſs mit Wasser herab, damit der Widerstand dieser Flüssigkeit die Schwingungen vermindert oder ganz aufhebt.

Von ungleich gröſserer Wichtigkeit und weit zahlreichern Anwendungen ist das Pendel in seiner zweiten angegebenen Modification, nämlich insofern dasselbe als schwingend betrachtet wird, und wenn die Theorie und praktische Anwendung von jenem in den wenigen hierüber so eben mitgetheilten Zeilen ziemlich vollständig enthalten ist, so erfordert dieses für das Letztere sehr ausführliche und mitunter schwierige Untersuchungen. Zunächst betrachtet man nämlich zwar bloſs die Schwere als diejenige Kraft, welche den aus der angegebenen verticalen Linie hinausgerückten Körper wieder in dieselbe zurückzieht, worauf er dann nach dem Gesetze der Trägheit in der erhaltenen Be-

1 Uebereinstimmend hiermit sind die französischen Ausdrücke: *Plomb*, *Aplomb*, *Plomber*, *prendre l'aplomb*.

Digitized by Google

wegung beharrt, bis die entgegenwirkende Schwere die letztere wieder aufhebt, woraus die bekannten *Pendelschwingungen* von selbst folgen; allein es ist klar, daſs eben solche Schwingungen auch in allen denjenigen Fällen entstehn müssen, wenn ein durch irgend eine Kraft in einer bestimmten Lage festgehaltener und zur Ruhe gebrachter Körper durch irgend einen hinzukommenden Impuls aus dieser seiner Lage gerückt wird, worauf dann jene zugleich stetig wirkende und daher eine beschleunigte Bewegung erzeugende Kraft den Körper wieder in seine ursprüngliche Lage mit beschleunigter Geschwindigkeit zurückzieht, und die Wirkung der Trägheit, vermöge deren er über diese hinaus nach der entgegengesetzten Seite getrieben wird, allmälig verschwinden macht. Hiernach sind also die Schwingungen von Stäben, die vermöge ihrer Starrheit in ihrer Richtung zu verharren streben, von Saiten, die durch Gewichte oder spannende Kräfte gerade gezogen werden, kurz alle diejenigen elastischen Körper, die zur Erzeugung des Schalles dienen, namentlich auch die longitudinalen und die durch Drehung von Cylindern um ihre Axe entstehenden, die Oscillationen von Ringen und Scheiben, die eine Feder zunehmend stärker bis zu einem gewissen Grade spannen und durch diese wieder rückwärts gezogen werden, selbst auch die abwechselnden der tropfbaren Flüssigkeiten in communicirenden Röhren u. s. w. sämmtlich pendelartig und lassen sich insgesammt auf die Pendelgesetze zurückführen. Aus der angegebenen groſsen Mannigfaltigkeit der Anwendungen folgt dann von selbst, daſs man die allgemeinen Gesetze der Pendelschwingungen zuvörderst in ihrer einfachsten Gestalt aufsuchen und demnächst auf die mehr zusammengesetzten Erscheinungen anwenden müsse.

A. Einfaches oder mathematisches Pendel.

Ein einfaches oder mathematisches Pendel muſs nach den angegebenen Bestimmungen aus einem schweren oder durch irgend eine Kraft getriebenen Puncte bestehn, welcher an einer nicht körperlichen, also nicht selbst durch die allen Körpern eigenthümlich zugehörende Schwere oscillirenden Faden so befestigt ist, daſs er um einen unbeweglichen Punct die pendelartigen Schwingungen macht. Hiernach ist also ein solches Pendel eben so wenig in der Wirklichkeit darstellbar, als der mathematische Hebel, und man bedient sich desselben bloſs dazu, um

Digitized by Google

die Gesetze der Pendelschwingungen ohne Rücksicht auf die aus der physischen Beschaffenheit der Körper hervorgehenden Hindernisse in gröſster Allgemeinheit rein darzustellen. Aus dieser Ursache darf namentlich der Faden nicht als aus körperlicher, also schwerer, Masse bestehend betrachtet werden, weil sonst jedes einzelne Element desselben um den gemeinschaftlichen Schwingungspunct oscillirend anzusehn wäre und bei der Demonstration als solches berücksichtigt werden müſste. Man kommt einem solchen am nächsten durch eine an einem dünnen Faden hängende Kugel, wobei die Schwere die bewegende Kraft ist, die ganze schwere Masse des Körpers in einem einzigen Puncte vereinigt gedacht und der tragende Faden als nicht schwer vorgestellt wird; eines solchen bedient man sich daher zur Demonstration der Pendelgesetze.

Die Gesetze der Pendelschwingungen lassen sich auf eine sehr einfache und elementare Weise anschaulich darstellen, wenn man sie aus den Fallgesetzen eines Körpers auf der geneigten Ebene ableitet. Ist nämlich die Kugel α an dem Faden Fig. 26.
cα im Puncte c befestigt, so würde sie im Zustande der Ruhe sich in a befinden. Hebt man sie bis nach α, so liegt ihr Schwerpunct höher über der horizontalen Ebene, wird also vermöge der Schwere herabsinken und bis nach a gelangen, woselbst sie mit dem Maximum der Geschwindigkeit ankommt, weil der Fall eines Körpers allezeit mit beschleunigter Geschwindigkeit geschieht; sie kann aber vermöge der Trägheit in a nicht sofort ruhn, sondern wird nach der entgegengesetzten Seite wieder aufsteigen. Weil aber die Geschwindigkeit, womit sie in a ankam, vermöge der Einwirkung der Schwere durch den Fall von α bis a erzeugt ist und sie in Folge dieser erlangten Geschwindigkeit so lange wieder aufsteigt, bis diese durch die Gegenwirkung der Schwere wieder verschwindet, so müssen die durchlaufenen Räume an beiden Seiten einander gleich seyn; die Kugel wird also in α' wieder zur Ruhe kommen, wenn $a\alpha' = a\alpha$ ist, muſs dann auf gleiche Weise von α' wieder herabfallen, bis sie wieder in α anlangt, uud somit, ohne ein vorhandenes Hinderniſs dieser ihrer Bewegung, ohne Aufhören zwischen α und α' hin und her oscilliren. Man nennt dann den Weg von α bis a eine *halbe Oscillation*, einen *halben Schwung*, eine *halbe Schwingung*, von α bis α' aber einen *einfachen Schwung*, gewöhnlicher eine *einfache Schwingung*.

Digitized by Google

Da das Pendel hiernach als ein fallender Körper betrachtet wird, so muſs sich für ihn das Verhältniſs zwischen den Zeiten des Fallens und den durchlaufenen Räumen auffinden lassen, welches auf folgende einfache Weise geschehn kann. Verbindet man die Puncte α a und α' a durch gerade Linien und denkt man die Kugel auf diesen fallend, so ist damit der Fall auf der geneigten Ebene gegeben. Die Fallgesetze der Körper auf der geneigten Ebene sind aber bereits oben[1] abgehandelt worden, sie werden am leichtesten auf das rechtwinkelige Dreieck zurückgeführt, wobei die Hypotenuse die geneigte Ebene bildet,
Fig. 27. und es folgt aus ihnen unmittelbar, daſs jeder fallende Körper in eben der Zeit auf der Kathete b a herabfällt, in welcher er in der Richtung der Hypotenuse d a lothrecht herabfallen würde. Die allgemeine Formel für den freien Fall der Körper giebt aber $s = gt^2$, wenn s den durchlaufenen Raum, t die Zeit und g den Fallraum eines Körpers in einer Secunde bezeichnet[2], und wenn daher statt des Raumes $= s$ die doppelte Länge des Pendels $= 2l$ gesetzt wird, da $ac = cd = cb$, also der Länge des Pendels gleich ist, so folgt, daſs für den halben Schwung des Pendels $2l = gt^2$ seyn muſs, also für den einfachen Schwung des Pendels $t = 2\sqrt{\frac{2l}{g}}$. Allein die hierbei angenommene Voraussetzung, daſs nämlich der schwere Körper auf der Chorde b a herabfalle, findet in der Wirklichkeit nicht statt, vielmehr fällt er durch einen Theil des Kreisbogens. Man übersieht nun zwar leicht, daſs die Chorde um so weniger von dem ihr zugehörigen Bogentheile verschieden seyn müsse, je kleiner sie ist, und da der aufgestellte Hauptsatz für jedes rechtwinkelige Dreieck gilt, dessen Hypotenuse a d ist, so könnte man das Bogentheil b a oder den halben Schwung des Pendels beliebig klein nehmen, um den Unterschied desselben von der Chorde verschwinden zu machen; allein eines Theils bleibt dieses allezeit nur eine Näherung, die man bei einem so feinen Instrumente, als das Pendel ist, zu vermeiden suchen muſs, andern Theils sind so kleine Schwingungen des Pendels schwer zu beobachten, dauern nicht lange genug und das Pendel überwindet bei ihnen minder leicht die sonstigen Hindernisse seiner Bewegung.

---

1 Bd. III. S. 66.

2 S. oben Bd. IV. S. 6.

Digitized by Google

Soll demnach der hieraus entspringende Fehler vermieden werden, so muſs man den schweren Körper des Pendels als einen auf vorgeschriebenem Wege fallenden betrachten und hiernach die Verhältnisse aufsuchen, in welchen die Schwingungszeiten, die Längen des Pendels, die Gröſse der Schwingungsbögen und die durch die Schwere gegebenen Fallräume mit einander stehn, welches nur durch höhere Rechnungen zu geschehn pflegt[1]. Indem aber diese Untersuchungen oben[2] bereits in genügendem Umfange mitgetheilt worden sind und dabei zugleich nicht bloſs auf die Schwingungen gewöhnlicher Pendel durch Bogentheile des Kreises, sondern auch des *Cykloidalpendels* durch Bogentheile der Cykloide Rücksicht genommen worden ist, so genügt es hier, auf jene zu verweisen, und ich beschränke mich daher bloſs zur Bequemlichkeit auf die Mittheilung der dort gefundenen allgemeinen Gleichung zwischen den genannten Gröſsen, wonach für die Zeit $= t$, die Länge des Pendels $= l$, den Fallraum eines Körpers im leeren Raume und im Niveau des Meeres $= g$, den Elongationswinkel des Pendels oder den Winkel, welchen die Linie desselben bei ihrer gröſsten Entfernung von der verticalen mit dieser bildet, $= \alpha$ und das Verhältniſs des Kreises zum Durchmesser $= \pi$ die Zeit des einfachen Schwunges

$$t = \frac{1}{2}\pi \left(1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \frac{\text{Sin. vers. } \alpha}{2l} + \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2 \left(\frac{\text{Sin. v. } \alpha}{2l}\right)^2 + \ldots\right) \sqrt{\frac{2l}{g}}$$

ist. Auch hieraus geht hervor, daſs für sehr kleine Bögen derjenige Factor, welcher die einfache Potenz des Sin. vers. enthält, eine nicht merkliche Gröſse giebt, daſs aber die höheren Potenzen desselben, auf jeden Fall die im mitgetheilten analytischen Ausdrucke nicht mit aufgenommenen, füglich vernachlässigt werden können. Läſst man alle Glieder der unendlichen, aber schnell convergirenden Reihe weg, so erhält man die einfache Formel $t = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{2l}{g}}$, und aus einer Vergleichung dieser mit der oben gefundenen ergiebt sich das Verhältniſs der Zeit eines im Kreisbogen und eines auf der Chorde fallenden Körpers $= \frac{\pi}{2} : 2$

1 Eine elementare Demonstration dieses Satzes giebt unter andern Kulik in Wiener Zeitschrift. I. 337.

2 Bd. IV. S. 18 bis 23.

oder im genäherten Werthe 1,5708 : 2, woraus also hervorgeht, daſs ein Körper beim Falle durch eine Curve weniger Zeit gebraucht, als auf der ihr zugehörigen Chorde.

B. Zusammengesetztes oder physisches Pendel.

Die für die Construction des einfachen mathematischen Pendels angenommenen Bedingungen sind in der Wirklichkeit unerreichbar; es giebt also ein solches Pendel überall nicht. Weil es aber zugleich das einzige absolut richtige ist, so hat man sich bemüht, die Abweichungen der möglichen physischen Pendel zu berechnen und dadurch die letzteren auf das erstere zurückzuführen. Eine nähere Angabe dieser Reductionen wird zeigen, daſs sie für manche Pendel allzuschwierig und mühsamer sind, als daſs der hieraus zu ziehende Vortheil den erforderlichen Aufwand belohnen sollte; man beschränkt sich daher nur auf solche Pendel, welche mit vorzüglicher Genauigkeit construirt für schärfere Messungen bestimmt sind, und begnügt sich bei allen andern mit empirisch oder nur in genähertem Werthe gefundenen Gröſsen, z. B. bei den gemeinen Uhrpendeln oder solchen, durch die gewisse Maschinen in regelmäſsige Bewegung gesetzt werden. Folgendes sind die vorzüglichsten Constructionen der physischen Pendel.

a) Eine Kugel, und in seltnern Fällen, wenn besondere Umstände dieses erfordern, ein Cylinder oder ein aus zwei mit ihren Grundflächen verbundenen Kegeln bestehender Doppelkegel wird an einem Faden aufgehangen. Man nimmt zur Masse dieser schweren Körper der Pendel meistens eine Kugel von Messing, weil deren Durchmesser leichter mit der erforderlichen Schärfe bestimmt werden kann, für schlechtere Apparate Blei, in seltnen Fällen Platin und für specielle Untersuchungen auch wohl Elfenbein oder Holz. Der Durchmesser dieser Kugeln, Cylinder oder Doppelkegel kann von etwa 0,5 bis 2 Zoll verschieden seyn. Der Faden besteht für feinere Versuche aus Metall (Stahl, Silber, Kupfer, Messing, Platin), für gewöhnliche aus Seide oder Leinen; die französischen Akademiker nahmen bei ihren Messungen unter dem Aequator einen Aloë-Faden.

b) Eine einfache, gleichmäſsig dicke, runde, vierkantige, oder sonst willkührlich gestaltete, gerade Stange wird zwar selten und meistens nur bei Thurmuhren als Pendel verwandt, in-

Digitized by Google

zwischen ist es nicht überflüssig, auch diese Construction, ihrer Einfachheit wegen, hier zu erwähnen.

c) Die gebräuchlichsten Pendel bestehn aus einer mehr oder minder schweren Linse an einer Stange. Letztere ist nur des geringeren Preises wegen bei den schlechtesten Uhren rund, in allen andern Fällen schon zur Bestimmung der Richtung, in welcher die auf derselben verschiebbare Linse schwingt, stets kantig. Für genaue Pendel wird das Material und die Form durch anderweitige, später zu erörternde, Bedingungen bestimmt. Dem an ihr hängenden schweren Gewichte giebt man die Linsenform, damit bei den Oscillationen die Luft weniger Widerstand leiste; allein dieses beruht hauptsächlich auf einem alten Vorurtheile, indem bei Uhrpendeln das hieraus erwachsende Hinderniſs als constante, durch wechselnde Dichtigkeit der Luft nur unmerklich sich verändernde, Gröſse corrigirt werden muſs und die neuesten Quecksilberpendel auch durch die Erfahrung die Tauglichkeit der Cylinderform bei den Gewichten der Pendel beurkunden. Nebenbei ist übrigens die Linsenform für diesen Zweck eine der gefälligsten und den übrigen Theilen der Apparate am angemessensten, weswegen sie mit Recht beibehalten wird. Das Gewicht solcher Linsen ist oft beträchtlich groſs und beträgt von 0,5 bis zu 50 Pfd. und darüber, bei den Uhren namentlich deswegen, damit der Impuls, welchen das Pendel bei jeder Schwingung durch das Uhrwerk erhält, um es fortdauernd schwingen zu machen, die Regelmäſsigkeit der Oscillationen nicht aufhebe. Unter die Classe der Pendel, welche aus einem schweren Gewichte an einer Stange bestehn, kann man ferner alle diejenigen Vorrichtungen aufnehmen, welche zum Heben von Lasten oder zur Bewegung von Maschinen benutzt werden, z. B. die Schwengel an den Pumpbrunnen, die pendelartigen Hebel bei manchen Keilpressen, und es ist mindestens sehr wahrscheinlich, daſs manche Maschinen, welche durch die Kraft der Menschen vermittelst der Kurbel bewegt werden, vortheilhafter vermittelst solcher Pendel bewegt werden könnten. Endlich gehören hierher auch die bereits[1] beschriebenen Centrifugal- oder konischen Pendel, welche aus einem sphäroidischen Gewichte an einer meistens runden Stange bestehn und mit ihrem untern Ende einen Kreis in der horizontalen Ebene beschreiben.

1 Oben Bd. II. S. 83.

Digitized by Google

d) Unter die in den neuesten Zeiten am häufigsten zu den feinsten Messungen gebrauchten Pendel gehört das durch Capt. Kater erfundene und nach ihm benannte Kater'sche *Reversionspendel,* sonst auch unveränderliches Pendel genannt, weil man beim Gebrauche desselben an verschiedenen Orten der Erde die Länge desselben unverändert läſst und die absolute Länge des einfachen Secundenpendels für die gegebenen Orte aus der genau beobachteten Zahl der Schwingungen berechnet. Die nachfolgenden Untersuchungen werden nämlich zeigen, daſs die Reduction des physischen Pendels auf das einfache oder mathematische und somit also die Bestimmung der absoluten Länge des letzteren aus dem ersteren nicht bloſs höchst schwierig, sondern mit der hierfür erforderlichen Schärfe fast unmöglich ist. Als daher Capt. Kater [1] von der Kön. Societät in London den Auftrag erhielt, diese genannte Bestimmung mit gröſster Schärfe aufzusuchen, weil man das englische Fundamentalmaſs auf diese Gröſse zu gründen beabsichtigte, so erfand er nicht nur dieses Reversionspendel, sondern führte es auch sofort in einem hohen Grade der Vollkommenheit aus und bewährte die Brauchbarkeit desselben durch eine bedeutende Reihe sehr genauer Beobachtungen, so daſs es also mit Recht nach ihm genannt zu werden verdient, obgleich v. Bohnenberger [2] schon früher auf den Gebrauch desselben aufmerksam gemacht hat.

---

1 Phil. Trans. 1818. p. 33 ff.

2 Astronomie von J. G. F. Bohnenberger. Tüb. 1811. S. 448. Bohnenberger theilt an dieser Stelle nicht bloſs die Theorie dieses Pendels mit, die er einfach aus den durch Huyghens (Hugenii horol. oscill. P. IV. prop. XX) aufgestellten Hauptsätzen ableitet, sondern giebt auch die Construction und den Gebrauch eines solchen Pendels vollständig an, so daſs er hiernach der Erfinder desselben genannt werden könnte. Es ist indeſs völlig erwiesen, daſs Kater bei seiner gänzlichen Unkunde der deutschen Sprache hiervon durchaus nichts wuſste und also aufs Neue der eigentliche Erfinder zu nennen ist, um so mehr, als die unmittelbare praktische Anwendung desselben ihm hierauf ein Recht giebt. Daſs Prony keine Ansprüche auf die Ehre dieser Erfindung habe, hat Kater selbst Phil. Trans. 1818. p. 35 nachgewiesen. Vergl. Bohnenberger in: Naturwissenschaftliche Abhandlungen. Tüb. 1826. S. 12. Baily in Phil. Mag. and Ann. of Phil. T. V. p. 97, wo die durch Prony in Leçons de mécanique analytique T. II. p. 304 angegebene Construction eines Pendels mit 3 Messerschneiden näher erläutert wird. Pasquich in Mon. Cor. XII. 137.

Zur Construction eines Reversionspendels gelangt man durch sehr einfache Mittel. Eine möglichst gleichförmig gearbeitete Stange AB (ohne das bewegliche Gewicht n) werde an zwei Fig. 28. Puncten mit zwei gleichen Messerschneiden C und c versehn, deren Schneiden in der Axe der Stange liegen, während ihre entgegengesetzten Grundflächen einander parallel sind. Will man im Voraus den Abstand beider Messerschneiden von einander so bestimmen, daſs das Pendel ein richtiges Reversionspendel ist, so muſs zuerst nur die eine derselben angebracht, alsdann vermittelst einer kleinen schweren, an einem möglichst dünnen Faden aufgehangenen Kugel die Länge des gleichzeitig mit der auf der einen Messerschneide schwingenden Stange oscillirenden (einfachen) Pendels aufgefunden werden, und diese giebt dann den Abstand beider Messerschneiden von einander. Aus der Natur des Pendels folgt dann, daſs das Stangenpendel, wenn es auf der Messerschneide C ruht, demnächst umgekehrt und auf der Messerschneide c aufgehangen wird, beidemale in gleichen Zeiten oscillirt. Findet nämlich die Oscillation um die Schärfe der Messerschneide C statt, so liegt der Schwingungsbogen in der Schärfe der andern c, beide müssen daher bei der Umkehrung des ganzen Pendels verwechselt werden und der Abstand beider von einander giebt daher einfach die Länge des mathematischen Pendels. Leichter ist es, wenn man noch obendrein zugleich ein genaues Secundenpendel herstellen will, die Stange etwa 12 bis 15 Zolle länger zu machen, als die Länge des einfachen Secundenpendels beträgt, die eine Messerschneide nahe am einen Ende, die andere einige Zolle weiter entfernt, als die Länge des Secundenpendels beträgt, anzubringen, vermittelt eines feinen Lothes durch Wegnehmen von der Stange an der einen oder der andern Seite diese so herzustellen, daſs beide Schneiden genau in die verticale Ebene fallen, alsdann das cylinderförmige Gewicht n anzubringen und das auf der Messerschneide C schwingende Pendel durch Verschiebung oder benöthigten Falls auch Veränderung des Cylinders n und Abnahme des untern Endes der Stange[1] zu einem genauen Secundenpendel zu machen, worauf sich zeigen wird, daſs es nach der Umkehrung in gleichen Zeiten schwingt, und es giebt

---

1 Dieses bringt auch Baily in Vorschlag. S. Phil. Mag. and Ann. of Phil. T. IV. p. 137.

dann der Abstand beider Schärfen von einander genau die Länge des einfachen Secundenpendels, wenn dabei die später zu erörternden Reductionen angebracht werden.

Nach diesen allgemeinen Principien construirte Kater das gleich anfangs von ihm gebrauchte Reversionspendel, wonach später eine Menge andere von unveränderlicher Länge für die feinsten Messungen verfertigt worden sind. Dasselbe besteht Fig. 29. aus einer Messingstange a b, in welche zwei dreieckige Löcher zum Durchstecken der Messerschneiden α, β in einem Abstande von 39,4 Zoll geschnitten sind. Ueber denselben, die obere Seite des Loches genau berührend, befinden sich an jedem Ende zwei messingne Platten m n, m′ n′, 6 Zoll lang, angeschraubt, zwischen denen die Messingstange noch zwei Zolle hervorragt, in den Raum der übrigen 4 Zolle sind zwei 17 Zoll lange hölzerne Stäbe g h, g′ h′ befestigt, an deren Enden feine Fischbeinstäbchen l und l hervorragen. Das messingne Gewicht p, ein Cylinder von 3,5 Zoll Durchmesser, 1,25 Z. Höhe und 2 Pfd. 7 Unzen Gewicht, ist auf die Stange geschoben und durch einen konischen Stift unbeweglich festgesteckt. Noch zwei andere kleine Gewichte v und w sind auf der Stange beweglich und durch eine Oeffnung des gröſsern kann die Eintheilung auf dem Stabe abgelesen werden, um seinen Abstand von der Mitte genau zu bestimmen. Die Messerschneiden des ersten Pendels sind von Wootz gemacht, die spätern werden aus hartem Guſsstahl verfertigt; Fig. 30. sie ruhn gewöhnlich in den Einschnitten a, b der Unterlage von Glockenmetall, welche durch die Schraube c niedergelassen wird und sie dann sanft auf 2 Achatplatten herabsinken läſst, die ihnen während der Dauer der Beobachtungen zur Unterlage dienen.

Das Aufhängen der Pendel im Allgemeinen geschieht auf verschiedne Weise. Nur bei schweren, zur Bewegung von Maschinen bestimmten, Pendeln darf man Zapfen anbringen, die sich wie Axen in Löchern bei jeder Schwingung drehn, weil diese auch bei kleinen Durchmessern zu groſse Reibung verursachen. Für die feinern Uhrpendel giebt es nur zwei Arten des Aufhängens, entweder auf der Messerschneide, oder gewöhnlicher an einem Stücke einer Uhrfeder. Nach theoretischen Gründen scheint es, als müſste die Messerschneide, wenn ihre Schärfe eine gerade Linie bildet und vorzüglich fein ist, den richtigsten Gang der Uhr geben, allein die Erfahrung aller Astronomen

giebt der Uhrfeder den Vorzug, ohne daſs jedoch die Ursache hiervon mit Sicherheit aufgefunden worden ist. Bei der Aufsuchung dieser letztern muſs man wohl berücksichtigen, daſs Uhrpendel nicht in so kleinen Bögen schwingen, als sonstige zu sehr feinen Messungen dienende Pendel, indem bei jenen die gröſsern Bögen als stets gleichbleibende constante Fehler ein für allemal ausgeglichen werden, die Uhrwerke aber dem Einflusse kleiner Fehler in ihrem Baue nicht so leicht unterworfen sind, wenn ihre Pendel in etwas gröſsern Bögen schwingen. Kater[1] findet die Ursache darin, daſs die Messerschneide durch den bei jeder Schwingung vom Uhrwerke erhaltenen Impuls um eine unmerkliche Gröſse seitwärts gerückt wird, und daſs sich durch die Länge der Zeit feine Staubtheilchen unter dieselbe legen, auch die ungleiche Flüssigkeit des Oeles bei wechselnder Temperatur eine Lage von verschiedener Dicke unter ihnen bildet. Ohne über eine so schwierige Aufgabe mir ein entscheidendes Urtheil anzumaſsen, möchte ich auſserdem noch annehmen, daſs die Uhrfeder, die sich krümmt, indem sie sich nicht in der untern Ebene der Klemme hin und her bewegen kann, eben hierdurch den Kreisbogen der Schwingung der Cykloide näher bringt, so daſs die unvermeidlichen Veränderungen der Gröſse der Elongationswinkel hiernach ihren Einfluſs verlieren.

Die zu feinen Messungen bestimmten Pendel mit steifen Stangen, namentlich die Kater'schen Reversions- und andere unveränderliche Pendel, schwingen ingesammt auf der Messerschneide, d. h. auf der Kante einer dreikantigen, horizontal liegenden Säule, deren Seitenflächen, welche die untere ruhende Kante begrenzen, einen Winkel zwischen 45° bis 90°, meistens von 60° einschlieſsen. Auch hierbei ist es ganz nothwendig, daſs die untere Kante eine gerade Linie bilde und möglichst scharf sey. Um besser geschont zu werden, ruht diese Messerschneide gewöhnlich in Einschnitten von Glockenmetall oder Messing, wird aber beim Gebrauche auf ganz ebene Platten von Achat herabgelassen, die man in der Erfahrung besser als solche von gehärtetem und polirtem Stahl befunden hat. Kater wollte seinem oben beschriebenen Pendel auch in dieser Beziehung den höchsten Grad der Vollendung geben und

1 Nach mündlicher Mittheilung.

Digitized by Google

verfiel daher auf das Mittel, zur Erreichung der gröſsten Härte die Schwingungen auf Diamantspitzen zu bewerkstelligen, allein er konnte keine hierzu geeignete finden, und als er später eine Kugel wählte, die in einer sphärisch vertieften Höhlung rollte, und deren Centrum daher allezeit in der Schwingungsaxe liegen muſste, war die Reibung zu groſs, oder nach deren Beseitigung wurde die Kugel schon bei einem Elongationswinkel von 2,5 Graden aus ihrer Vertiefung geschleudert. Auch ihm schien daher die gehärtete stählerne Messerschneide am geeignetsten.

Unter die zu den feinsten Messungen vorzüglich geeigneten Pendel gehören hauptsächlich auch die Kugeln an einem feinen Metallfaden hängend. Früher pflegte man allgemein den Faden am obern Ende in einer Klemme zu befestigen, deren untere Fläche dann den Oscillationspunct gab. Bessel[1] wählte dagegen eine andere Vorrichtung, indem er den Metallfaden unten in eine Klemme befestigte und diese in die Kugel schraubte, oben dagegen gleichfalls mit einer Klemme und diese mit einem sehr dünnen Streifen Messingblech versah, welcher sich um einen feinen Cylinder wickelte, so daſs hiernach der Mittelpunct der Kugel einen Bogen derjenigen Curve beschrieb, deren Evolute der Durchschnittskreis des Abwickelungscylinders war. Der berühmte Astronom begnügte sich indeſs hiermit nicht, sondern zog zur Erweiterung der Wissenschaft auch die Frage in den Kreis seiner Untersuchungen, welchen Einfluſs es auf den Mittelpunct der Bewegung eines Pendels hat, wenn das obere Ende desselben um einen Cylinder geschlungen, oder in einem unbeweglichen Halter festgeklemmt ist, oder dieser letztere sich auf der Messerschneide bewegt. Eine Vergleichung aller drei Resultate ergab, daſs die dritte Art den Mittelpunct der Bewegung merklich höher hinaufrückte, als die beiden erstern[2].

1 Untersuchungen über die Länge des einfachen Secundenpendels von F. W. Bessel u. s. w. Besonders abgedruckt aus den Abhandlungen der Academie zu Berlin für 1826. Berlin 1828. Mit zwei Kupfert. Dieses classische und für jeden unentbehrliche Werk, welcher selbst Versuche mit dem Pendel anstellen will, werde ich künftig nur kurz durch: Bessel's Untersuchungen bezeichnen.

2 Bessel's Untersuchungen S. 49. u. 215.

Digitized by Google

C. Allgemeine Relationen der durch die Pendel gegebenen Bestimmungen.

Es ist bereits oben (unter A) angegeben worden, daſs für eine ganze Pendelschwingung die Zeitdauer $=$ t derselben

$$t = \frac{1}{2}\pi\left[1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \frac{\text{Sin. vers. }\alpha}{2l} + \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2\left(\frac{\text{Sin. v. }\alpha}{2l}\right)^2 + \ldots\right]\sqrt{\frac{2l}{g}}.$$

Nennt man die Summe der in die Parenthese eingeschlossenen Factoren $=$ S, so ist kürzer $t = \frac{1}{2}\pi . S . \sqrt{\frac{2l}{g}}$. Ist der Elongationswinkel des Pendels so klein, daſs der Werth der durch S bezeichneten unendlichen Reihe als unbedeutend vernachlässigt werden kann, so wäre $t = \frac{1}{2}\pi\sqrt{\frac{2l}{g}}$, woraus also folgt, daſs die Pendel in beliebig groſsen Bögen isochronisch schwingen, vorausgesetzt, daſs diese Bögen oder die Elongationswinkel insgesammt klein genug sind, um den Werth der Reihe S verschwinden zu machen. So viel ist in Beziehung auf diesen allgemein angenommenen Satz einmal gewiſs, daſs die höhern Potenzen der Reihe S wegen ihrer schnellen Convergenz für mäſsig groſse Elongationswinkel füglich vernachlässigt werden dürfen, nicht so aber verhält es sich mit der ersten Potenz. Es beträgt nämlich selbst für einen Elongationswinkel $= \alpha$ von 5° und $l = 1$ gesetzt das dritte Glied der Reihe nicht mehr als 0,000005083...., also eine auſser den Grenzen der Messung liegende Gröſse; dagegen beträgt das zweite Glied für $\alpha = 30'$ nur 0,0000046, für $\alpha = 1^\circ$ nur 0,0000190, für $\alpha = 1^\circ\ 30'$ nur 0,0000428, für $\alpha = 2^\circ$ nur 0,0000761, für $\alpha = 2^\circ\ 30'$ nur 0,0001189, für $\alpha = 3^\circ$ nur 0,0001463, für $\alpha = 4^\circ$ nur 0,0003044 und für $\alpha = 5^\circ$ schon 0,0004756.

Wenn man ferner annehmen müſste, daſs die bewegende Kraft der Schwere an zwei Orten der Erde verschieden sey, also an einem $= g$, am andern $= g'$, so würde der Werth von t geändert werden, wenn man nicht vielmehr den Werth von l in einen andern $= l'$ umänderte. Wäre dann $t = t$, oder änderte man an beiden Orten die Pendellänge in sofern ab, daſs die Pendel an beiden *isochronische* Schwingungen machten, so

Digitized by Google

wäre $t = \frac{1}{2}\pi\sqrt{\frac{2l}{g}}$; $t = \frac{1}{2}\pi\sqrt{\frac{2l'}{g'}}$

mithin $l : l' = g : g'$,

d. h., *die Längen isochronischer Pendel verhalten sich zu einander wie die beschleunigende Kraft der Schwere.* Hieraus ergiebt sich, wie es möglich ist, aus der Länge der an verschiedenen Orten in gleichen Zeiten schwingenden Pendel (der Secundenpendel) die beschleunigende Kraft der Schwere und hieraus die Gestalt der Erde auszumitteln. Wäre dagegen die Länge des Pendels an zwei verschiedenen Orten der Erde gleich, die beschleunigende Kraft der Schwere aber ungleich, so würden auch die Schwingungszeiten ungleich werden, und es folgte dann aus der Formel $t : t' = \sqrt{g'} : \sqrt{g}$ d. h. *die Schwingungszeiten würden den Quadratwurzeln aus den beschleunigenden Kräften der Schwere umgekehrt proportional seyn.* Man kann also die ungleiche Schwere der Erde ebensowohl durch die ungleiche Länge der einfachen Secundenpendel, als durch die ungleichen Schwingungszeiten der unveränderlichen Pendel auffinden. Aus der Formel folgt ferner $g = \frac{\pi^2 l}{2 t^2}$ und es läſst sich also der Raum, durch welchen ein Körper vermöge der beschleunigenden Kraft der Schwere in einer Zeitsecunde herabfällt, mit derjenigen Genauigkeit durch das einfache Secundenpendel auffinden, womit die Zeit und die ihr zugehörige Länge des einfachen Secundenpendels gefunden werden kann. Ist endlich die Zeit einer Pendelschwingung, welche der Pendellänge $= l$ zugehört, $= t$, die eines andern für die Länge $= l'$ dagegen $= t'$, und ist die Zeit, worin eine gewisse Anzahl $= N$ Schwingungen durch jenes beendigt wird, $= T$, für dieses dagegen nach N' Schwingungen $= T'$, so ist $t = \frac{T}{N}$ und $t' = \frac{T'}{N'}$, weil bei beiden alle Schwingungen eine gleiche Zeit dauern. Es folgt aber aus der Hauptformel, daſs $t : t' = \sqrt{l} : \sqrt{l'}$, d. h. *die Schwingungszeiten verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus den Pendellängen,* wenn die beschleunigende Kraft der Schwere unveränderlich bleibt oder wenn die Schwingungen an einem und demselben Orte stattfinden. Indem aber statt dessen auch gesetzt werden kann $t^2 : t'^2 = l : l'$, so folgt hieraus, daſs man die Zeiten auf das Quadrat erheben müsse, um die ihnen zugehörigen Pendellängen zu finden. Ist also $t = 1$

Digitized by Google

Secunde und die ihr zugehörige Pendellänge = l, so wird für ein Pendel, welches halbe Secunden schlägt, ¼ l erforderlich seyn. Es folgt hieraus leicht, daſs Pendel für 1, für ½ und 2 Secunden füglich construirt werden können, die übrigen gewöhnlichen Zeitabtheilungen aber durch Pendel ganz unerreichbar sind. Wäre nämlich die Länge des Secundenpendels in genähertem Werthe = 440 par. Lin., so würde die des Tertienpendels $= \frac{1}{3600}$, also nicht viel über 0,1 par. Lin., die des Minutenpendels aber 3600 l, also 11000 F. betragen.

Die angegebenen Gesetze lassen sich leicht durch Versuche anschaulich machen. Man nehme zu diesem Ende ein dem einfachen möglichst nahe kommendes Pendel, nämlich eine etwa 0,75 Zoll im Durchmesser haltende Messingkugel, deren Schwingungscentrum man ohne merklichen Fehler in ihrem Mittelpuncte liegend ansehn kann, hänge sie an einem längere Zeit ausgedehnten, also nicht mehr bedeutend elastischen Zwirnsfaden auf, messe an diesem vom Mittelpuncte der Kugel an 440 par. Lin. ab, klemme in dem so erhaltenen Puncte den Faden scharf zwischen den Fingern oder in einer Klemme fest, so wird man ein Pendel erhalten, welches so genau Secunden schwingt, daſs die Abweichung von einem völlig richtigen Secundenpendel leicht geschätzt oder durch Veränderung der Fadenlänge empirisch corrigirt werden kann, wie die Vergleichung mit einer richtigen Secundenuhr ergeben wird. Um dann hieraus ein Pendel für halbe Secunden zu erhalten, darf man diese Zeit nur auf das Quadrat, also ¼ erheben, und der vierte Theil der Pendellänge, vom Mittelpuncte der Kugel an gemessen, giebt das gesuchte Pendel meistens mit überraschender, mindestens für die Demonstration hinlänglich genügender Genauigkeit. Zu einem zweiten Versuche nehme man ein Gestell, welches aus einer unbeweglichen verticalen Stange AB mit einem hori- Fig.
zontalen Arme CA besteht. Von letzterm lasse man an je zwei 31.
convergirenden Fäden die Kugeln α, β und γ so herabhängen, daſs die verticale Höhe derselben die Längen 1, 4, 9 beträgt, und setze alle drei gleichzeitig in Schwingungen, so werden die Zeiten derselben in den Verhältnissen 1 : 2 : 3 zu einander stehn, mithin die Mengen der in einer gegebenen Zeit beendigten Schwingungen sich wie 3 : 2 : 1 verhalten. Die Versuche geben eine Genauigkeit der Resultate, die für so

Digitized by Google

ſeine Beobachtungen mit ſo groben Apparaten allerdings überraſchend ſind.

Beide Verſuche ergeben, daſs die Pendellängen ſich umgekehrt verhalten wie die Quadrate der Schwingungsmengen, und eben dieſes läſst ſich auf folgende Weiſe zeigen. Nach der letzten Formel iſt $l : l' = t^2 : t'^2$; da aber oben $t = \frac{T}{N}$ und $t' = \frac{T'}{N'}$ gefunden iſt, ſo wird durch Subſtitution dieſer Werthe $l : l' = \frac{T^2}{N^2} : \frac{T'^2}{N'^2}$ und ſonach für $T = T'$ $l : l' = N'^2 : N^2$. Dieſes Mittels bedient man ſich[1], um die Längen des einfachen Secundenpendels an den verſchiedenen Orten der Erde durch die genaue Zählung der Schwingungen zu finden, da es zu mühſam seyn würde, ein Pendel ſo herzuſtellen, daſs es genau 86400 Schwingungen in einem Tage, ſey es Sternenzeit oder mittlere Sonnenzeit, vollendet. Wäre nämlich die Länge des zur Beobachtung gegebenen Pendels $= l$, die des einfachen Secundenpendels $= l'$, ſo iſt allgemein $l' = \frac{l.N^2}{N'^2}$, worin $N = 86400$ für ein Secundenpendel betragen würde. Weil aber N und N' wenig von einander verſchieden ſind, ſo findet Biot es bequemer, $N = N' \pm n$ zu ſetzen, wodurch dann $l' = l \pm \frac{2ln}{N'} + \frac{ln^2}{N'^2}$ wird, ſo daſs die beiden letzten Glieder den Unterſchied zwiſchen l' und l angeben. Wäre n ſo klein, daſs das letzte Glied füglich vernachläſsigt werden könnte und der Unterſchied durch das zweite allein mit hinlänglicher Genauigkeit erhalten würde, ſo entſtände hieraus allerdings eine Erleichterung des Calcüls, die mir jedoch zu unbedeutend ſcheint, um von der Anwendung der eigentlichen Formel abzugehn.

D. Beobachtung und Zählung der Pendelſchwingungen.

Wenn das Pendel bloſs dazu dient, den Gang einer Uhr zu

1 Traité élémentaire d'aſtronomie phyſique, par J. B. Biot. III. Tom. Par. 1811. T. III. Addit. p. 149.

Digitized by Google

reguliren, so beobachtet man seine Schwingungen nicht unmittelbar, indem die Zahl derselben vielmehr durch die Uhrzeiger angegeben wird; die einzige Sorgfalt ist daher bloſs darauf gerichtet, daſs dasselbe allezeit unveränderlich bleibt, sobald es einmal diejenige Einrichtung erhalten hat, in deren Folge es unter den verschiedenen unvermeidlichen Bedingungen binnen 24 Stunden 86400 Schwingungen macht. Es ist indeſs bereits oben[1] gezeigt worden, daſs man das Pendel dazu angewandt hat, um die Unterschiede der Schwere an den verschiedenen Orten der Erde und hieraus die Gestalt der letztern aufzufinden, desgleichen daſs man die unveränderliche Länge desselben an einem gegebenen Orte als eine nie vergängliche Normalgröſse zur Bestimmung der Einheit des Längenmaſses zu benutzen vorgeschlagen hat. In beiden Fällen kommt es sehr darauf an, die kleinsten Gröſsen mit möglichster Schärfe zu bestimmen, und die Pendelbeobachtungen gehören daher unter die feinsten und schwierigsten im Gebiete der physikalischen Forschungen. Nach den bisherigen Untersuchungen sind nur zwei Gröſsen durch die genauesten Beobachtungen auszumitteln, nämlich die Schwingungszeiten und die absolute Länge des Pendels von der Schwingungsaxe an bis zum Schwingungsmittelpuncte, dem *centrum oscillationis*; es wird sich aber in der Folge ergeben, daſs noch mehrere andere Gröſsen mit der erforderlichen höchsten Genauigkeit aufgefunden werden müssen, deren einige jedoch, ja selbst die eben genannte absolute Länge durch eigenthümliche Constructionen der gebrauchten Pendel wegfallen.

Wollte man die einzelnen Pendelschwingungen zählen, so wäre dieses nicht nur höchst mühsam, sondern es könnten auch leicht Irrungen im Zählen vorfallen, wodurch das Resultat bedeutend fehlerhaft werden müſste. Um diesem zu entgehn, schlug de Mairan[2] die Beobachtung der *Coincidenzen* vor, d. h. man solle das Pendel vor einer berichtigten Uhr aufhängen, beide Pendel durch ein hinlänglich entferntes Fernrohr beobachten und diejenigen Fälle aufzeichnen, wo ihre Schwingungen zusammenfallen, da es sich wohl selten oder nie ereignen wird, daſs beide völlig isochronisch schwingen, so daſs also

1 Art. *Erde* Bd. III. S. 879. und Art. *Maſs* Bd. VI.

2 Boscovich opp. pert. ad opt. et astron. 5 voll. 4. Bassano 1785. T. V.

nothwendig das eine dem andern vorauseilen muſs, bis es nach Vollendung einer ganzen Schwingung mehr wieder mit demselben gleichzeitig oscilliren wird. Dieser Methode haben sich nachher Condamine, Cassini und hauptsächlich de Borda, welcher von Einigen für den Erfinder derselben gehalten wird, Biot und Arago nebst allen folgenden genauen Beobachtern bedient. Man stellt zu diesem Ende das Pendel vor eine genau regulirte Uhr, befestigt auf ihrem Pendel ein kleines Zeichen, z. B. ein kleines kreisförmiges Scheibchen Papier, am besten so, daſs dieses durch das zu beobachtende Pendel oder ein auf demselben befindliches undurchsichtiges Object ganz bedeckt wird, wenn beide in der Verticale ruhig hängen. Alsdann befestigt man in einer Entfernung von 24 bis 36 Fuſs ein Fernrohr mit einem vor dem Oculare befindlichen verticalen Spinnenfaden so, daſs dieser die Zeichen beider Pendel deckt oder bisecirt. Werden dann beide Pendel gleichzeitig in Bewegung gesetzt, so muſs bei einer stattfindenden Ungleichheit ihrer Schwingungen das Zeichen des einen sich von dem des andern entfernen, oder sie werden sich nicht mehr decken, bis die Entfernung beider ihr Maximum erreicht hat, welches nach Vollendung einer halben Schwingung mehr oder weniger eintritt. Von da an werden beide sich wieder nähern, bis sie völlig sich deckend oder mit ihren Mittelpuncten zusammenfallend von der entgegengesetzten Seite her vor dem Spinnenfaden vorbeigehn und das eine der Pendel eine ganze Schwingung mehr vollendet hat. Demnächst werden sich die Zeichen nach der entgegengesetzten Seite von einander entfernen, dann sich wieder nähern, bis sie völlig sich deckend von der anfänglich angenommenen Seite her wieder vor dem Faden im Fernrohre vorbeigehn. Dieses genannte Zusammentreffen beider Zeichen in der Verticale heiſst dann die *Coincidenz*, deren man allezeit zwei oder mehrfache von zweien in Rechnung nimmt, so daſs nach zwei Coincidenzen die Zahl der beobachteten Pendelschwingungen $N \pm 2$ ist. Man erhält sonach die Proportion: *Die Zahl der Schwingungen des Uhrpendels* $= N$ *verhält sich zu der Zahl der Schwingungen des beobachteten Pendels zwischen zwei Coincidenzen* $= N \pm 2$, *wie die Menge der Secunden der Uhr in einem Tage* $= R$ *zur correspondirenden Anzahl der Pendelschwingungen.* Heiſst letztere P, so ist $P = \frac{R(N \pm 2)}{N} = R \pm \frac{2R}{N}$, wonach

also die Secundenzahl der Uhr nach dem bestimmten Gange derselben bekannt seyn muſs. Geht dieselbe völlig genau, so ist R für Sexagesimal-Eintheilung = 86400, und je gleichförmiger der Gang beider Pendel ist, desto geringer wird die Zahl der Coincidenzen und desto kleiner der Bruch $\frac{2R}{N}$ seyn. Allerdings sind in diesem Falle die Coincidenzen schwerer zu beobachten, allein dieses wird durch die Kleinheit der erforderlichen Correction und die Geringfügigkeit eines unbedeutenden Fehlers in der Bestimmung von N. aufgewogen.

Es versteht sich hierbei von selbst, daſs es nicht gerade nothwendig sey, beide Pendel vorher zur Ruhe zu bringen, ja es würde selbst leicht einen Fehler erzeugen, wenn man das Intervall der ersten Coincidenz von dieser anfänglichen Bewegung an zählen wollte, nicht zu rechnen, daſs die Gröſse des Elongationswinkels gleichfalls von Einfluſs ist, die man daher vorläufig erst bis zu dem erforderlichen Werthe abnehmen läſst, bis man die geltenden Zählungen anfängt, die mit einer dann stattfindenden Coincidenz beginnen. Man hat auſserdem die beschriebene Vorrichtung in einzelnen auſserwesentlichen Stücken abgeändert. So kann man unter andern, ohne beide Pendel auf einander zu projiciren, ein Licht so stellen, daſs die Schatten bei der Coincidenz zusammenfallen, in welchem Falle selbst das Fernrohr entbehrlich wird, die Schatten aber für genaue Beobachtungen sehr scharf seyn müssen. Capt. Sabine[1] beobachtete den Augenblick, wenn das zum Zeichen dienende kleine Scheibchen gänzlich verschwand, und den, in welchem es an der entgegengesetzten Seite wieder zum Vorschein kam, wonach dann die Mitte zwischen diesen beiden Zeiten die Coincidenz genau gab. Bessel[2] fürchtete, daſs die Bewegung beider Pendel störend auf einander wirken möge, und suchte dieses auf gleiche Weise als Carlini[3] dadurch zu vermeiden, daſs er das Pendel nicht dicht vor die Uhr, sondern in einem Abstande von 8 F. 6,65 Z. von derselben aufstellte. Es ist nämlich eine nothwendige Bedingung, daſs sowohl die Uhr, als auch der Pen-

1 An Account of Experiments to determine the figure of the Earth cet. Lond. 1825. 4. p. 16.

2 Untersuchungen u. s. w. S. 11.

3 Effemeride di Milano 1824. App. p. 28.

Digitized by Google

delapparat ganz unbeweglich feſtſtehe, wie ſchon oben [1] bemerkt worden iſt, weswegen auch zuerſt Capt. Kater [2] und ſpäterhin Bessel den dort gleichfalls beſchriebenen Apparat, das von Hardy erfundene *Federpendel*, dazu anwandten, um die Unbeweglichkeit beider Vorrichtungen, ſowohl der Uhr, als auch des Pendelgeſtelles, zu prüfen. Auſserdem ſtellte er, wie auch Carlini und Plana gethan hatten, einen Kometenſucher ohne Oculare in eine ſolche Entfernung zwiſchen beide, daſs die Objectivlinſe desſelben das Bild des Pendels am Apparate genau auf das an der Uhr warf und beide dann durch ein 15 F. entferntes 30zolliges Fernrohr beobachtet wurden.

Daſs die Gröſse des Elongationswinkels zur genauen Berechnung der Pendelſchwingungen bekannt ſeyn müſſe, weil hierfür eine eigene Correction erforderlich iſt, wird demnächſt gezeigt werden. Es iſt daher nöthig, bei der Beobachtung und Zählung der Coincidenzpuncte gleichzeitig den vom Pendel durchlaufenen Bogen zu meſſen. Zu dieſem Ende wird hinter dem Pendel entweder ein in Grade und Minuten getheiltes Bogenſtück, oder eine nach einem Längenmaſse (Linien und deren Theile oder Millimeter u. ſ. w.) getheilte gerade Scale angebracht, auf welche man den Pendelfaden oder eine unter dem Pendel befindliche feine Spitze (wie z. B. beim Kater'ſchen Reverſionspendel) projicirt. Im erſtern Falle erhält man die Winkel unmittelbar, deren Sinus in der Correctionsformel gebraucht werden, im zweiten Falle aber, nämlich bei der Anwendung einer geraden getheilten Scale, muſs man die Gröſse der angewandten Theile als Tangenten der durchlaufenen Winkel betrachten, die dann bei ihrer Kleinheit den Sinuſſen unbedenklich gleich geſetzt werden können. Weil aber die zur Meſſung dienenden Scalentheile ſich allezeit in einigem Abſtande von dem Pendelfaden oder der zum Meſſen dienenden Spitze befinden, folglich durch die Projection des einen oder der andern auf dieſelben ein parallaktiſcher Winkel entſteht, wodurch die Meſſung ein gröſseres Reſultat giebt, als das genaue ſeyn würde, ſo muſs hierfür eine aus der Entfernung des beobachtenden Auges und dem Abſtande des Fadens oder der Spitze von der Scale zu entnehmende Correction angebracht werden [3].

---

1 S. Art. *Bewegung* Bd. I. S. 924.

2 Phil. Trans. 1818. p. 42.

3 Wie dieſe Correction genau gefunden werde, hat vorzüglich Bessel in ſeinen Unterſuchungen u. ſ. w. S. 27. deutlich gezeigt.

Man findet die Pendellänge mit der erforderlichen Genauigkeit aus dem Unterschiede der Schwingungsmengen zweier ungleich langer Pendel, ohne die letztern selbst überall gemessen zu haben, aber dann muſs der Unterschied beider mit gröſster Schärſe bestimmt seyn. Bedient man sich eines unveränderlichen Pendels, so kommt dessen absolute Länge gleichfalls nicht in Betrachtung, weil man aus der Menge der Schwingungen desselben an einem gewissen Orte, verglichen mit der Zahl der Schwingungen des nämlichen Pendels an einem andern Orte, die Länge des einfachen Secundenpendels finden kann, wenn diese Gröſse für den letztern Ort bekannt ist; zu diesem Zwecke aber muſs diese durch genaue Messungen bekannt seyn. Es läſst sich demnach im ersten Falle die genaue Messung des Unterschiedes beider Längen, im letzten die der absoluten Länge des Normalpendels für einen gegebenen Ort, womit das unveränderliche Pendel verglichen ist, auf keine Weise umgehn. Hierzu bedarf man auf jeden Fall einen möglichst richtigen Maſsstab [1]. Biot [2] schob vermittelst einer feinen Mikrometerschraube eine horizontale, polirte Stahlplatte von unten herauf bis zur Berührung der ruhig hängenden Kugel seines Pendels, nahm dann das Pendel weg, hing vermittelst der Messerschneide den Maſsstab auf den nämlichen Unterlagen auf, versah diesen unten mit einer beweglichen Zunge, welche bis zur Berührung mit der Stahlplatte sanft hinab gerückt wurde, erhielt auf diese Weise den Abstand zwischen der untern Fläche der Pendelkugel und dem Aufhängungspuncte des Pendels und bestimmte diese vermittelst eines Normal-Maſsstabes auf dem Comparateur. Bessel bestimmte den Unterschied der von ihm beobachteten Pendel durch eine genau verificirte Toise, wobei er noch obendrein die Vorsicht gebrauchte, diese in ihrer Mitte schwebend aufzuhängen, damit sie durch ihr eigenes Gewicht sich nicht verkürzen möchte. Kater legte sein Pendel zum Messen des Abstandes der beiden Messerschneiden von einander auf eine hierzu vorgerichtete Unterlage von Mahagony und dehnte es durch eine Feder so stark aus, als dieses durch das eigne Gewicht desselben geschehn seyn mochte. Ueber die erforderlichen Längenmessungen selbst, bei denen verschiedene Metho-

1 Vergl. Art. *Maſs* Bd. VI. Abth. 2.

2 Astronomie phys. T. III. addit. p. 157.

Digitized by Google

den befolgt werden, kann hier nur im Allgemeinen bemerkt werden, daſs sie mit den genauesten, fein getheilten Maſsstäben und mit Hülfe von stark vergröſsernden Mikroskopen sowohl, als auch von rectificirten Mikrometern geschehn müssen. Zugleich versteht sich von selbst, daſs man bei den Pendelversuchen den Gang der Uhr durch die bekannten astronomischen Mittel vergewissern oder corrigiren müsse, nicht minder unterliegen die Zahlen der Schwingungen einer Correction wegen der Gröſse der Elongationswinkel, welche letztern daher genau zu beobachten sind; jeder Luftzug, welcher störend auf die Bewegung des Pendels wirken könnte, muſs sorgfältig vermieden werden, welches meistens durch Einschlieſsung der Apparate in Glaskasten geschieht, endlich aber nützen diese zugleich dazu, um die Temperatur während der Dauer der Versuche unverändert zu erhalten, indem die Wärme bedeutend auf die Längen der Pendel wirkt und daher durch mehrere in der ganzen Länge der Pendel anzubringende zuverlässige Thermometer gemessen werden muſs.

E. Reduction des physischen Pendels auf das einfache oder mathematische Pendel.

Die aufgestellte Theorie des Pendels bezieht sich auf das einfache oder mathematische Pendel. Man begreift jedoch leicht, daſs ein solches in der Wirklichkeit nicht existiren könne, und die in Anwendung kommenden physischen Pendel müssen daher auf jenes reducirt werden, wobei dann die erforderlichen Reductionen leicht aus der Natur der Sache aufzufinden sind. Selbst das mathematische Pendel erfordert bei kreisförmigen Schwingungen eine längere Zeit zur Vollendung derselben, wenn die durchlaufenen Bögen gröſser sind, und da bei längerer Dauer der Schwingungen die Bögen wegen der unvermeidlichen Hindernisse der Bewegung nicht stets gleichbleiben können, so wird hierfür eine Correction erfordert. Beim mathematischen Pendel wird ein bloſser schwerer Punct und eine nicht schwere, stets gleich lange Linie angenommen, das physische dagegen erfordert einen schweren Körper von endlicher Ausdehnung und einen materiellen Faden von schwerer Masse, dessen einzelne Elemente daher als schwere Körper, jedes für sich um den gemeinschaftlichen Schwingungspunct oscillirend, zu be-

Digitized by Google

trachten sind, so daſs man also den gemeinschaftlichen Schwingungspunct, die Schwingungsaxe und den Schwingungsmittelpunct aller vereinten Elemente aufsuchen muſs. Das Pendel sollte ferner um einen geometrischen Punct oder eine horizontale mathematische Linie schwingen, von wo an seine Länge bis zum Schwingungsmittelpuncte gemessen werden muſs, allein die Fläche des Körpers, woran es hängt, ändert ihre Lage und Richtung, und ist der Faden desselben eingeklemmt, so giebt die Fläche des diesen haltenden Körpers nicht in absoluter Schärfe die geometrische Grenze seiner Biegung. Endlich sind die Fallgesetze für den leeren Raum festgestellt, die Pendel aber bewegen sich in einem Widerstand leistenden Mittel, welches nicht ohne Einfluſs auf die zu untersuchenden Bewegungen seyn kann, wozu noch der Umstand kommt, daſs die zu messende Länge als unveränderlich angenommen wird, jeder in der Natur gegebene Körper aber sowohl durch seine Elasticität, als auch durch den Einfluſs der Wärme ausdehnbar ist. Die auf allen diesen Bedingungen beruhenden Correctionen müssen nothwendig einzeln untersucht und genau bestimmt werden.

a) Correction wegen der Gröſse der Schwingungsbögen.

Aus der bereits mehrmals erwähnten Formel für die Zeiten der Pendelschwingungen bei gegebener Länge der Pendel und unveränderlicher Schwere geht hervor, daſs die Zeitdauer der Oscillationen mit der Zunahme der Schwingungsbögen um eine Gröſse wächst, die nur durch eine unendliche Reihe ausgedrückt werden kann. Es ist gleichfalls bereits gezeigt worden, daſs bei den in der Ausübung stattfindenden Oscillationen die Elongationswinkel nie so groſs werden, daſs die höhern Potenzen der Reihe nach einen meſsbaren Einfluſs auf die Zeitdauer derselben haben können, und die deswegen erforderliche Correction wird also hinlänglich genau, wenn sie sich auf die erste Potenz der Elongationswinkel beschränkt. Inzwischen suchte schon Huyghens diejenige Curve, worin ein Pendel schwingen müsse, wenn die Gröſse dieses Winkels keinen Einfluſs ausüben solle, und fand, daſs dieses die Cykloide sey. Newton[1] bewies nachher, daſs in einem widerstandleistenden Mittel bei einem dem einfachen Verhältnisse der Geschwindigkeit proportionalen Widerstande

---

1 Phil. Nat. Princ. L. 1. sect. X. prop. 46.

Digitized by Google

der Cykloide die Eigenschaft des Tautochronismus zukomme, in gröſster Ausführlichkeit ist aber dieses Problem durch L. Euler[1] bearbeitet worden. Inzwischen fand Huyghens, insbesondere durch einige von Pascal mitgetheilte Aufgaben veranlaſst, daſs die Evolvirende einer Cykloide gleichfalls eine Cykloide sey, und er versuchte es daher, die sogenannten *Cykloidal-Pendel* wirklich darzustellen. Dieses ist anscheinend leicht praktisch aus- Fig. 32. führbar. Ist nämlich der Pendelfaden, woran der Körper p hängt, biegsam, so daſs er sich bei den Oscillationen an die cykloidischen Flächen a b, a b′ anlegt, also sich um dieselben auf- und von ihnen abwickelt, so ist der Schwingungsbogen p p′ ein cykloidischer. Schon früher hat man solche Pendel wirklich hergestellt, bei denen die Stange an einer biegsamen Uhrfeder aufgehangen war, und auch neuerdings sind sie in einigen Zeitschriften als neue und groſsen Nutzen gewährende Erfindung angegeben worden, allein eine nähere Betrachtung zeigt sie als völlig unnütz, namentlich für Uhren, deren Pendel stets in ganz gleichen Elongationswinkeln schwingen, so daſs also der Einfluſs von diesen bei einmaliger Regulirung derselben ausgeglichen werden kann. Am vollständigsten zeigte L. Euler[2], daſs zur Erreichung eines vollkommenen Tautochronismus zugleich eine Bewegung im leeren Raume und ein einfaches Pendel erforderlich sey, welches letztere daher aus einer sehr kleinen Kugel an einem höchst dünnen Faden bestehn müſste. Mit der Aufgabe, die Tautochrone für jedes Verhältniſs des Widerstandes der Mittel zu finden, beschäftigten sich mehrere Gelehrte, namentlich Dan. Bernoulli[3], hauptsächlich aber L. Euler, welcher auch die Tautochrone für ein zusammengesetztes Pendel auffand[4]. Ein praktischer Nutzen wird jedoch durch diese Untersuchungen nicht gewährt, da es unmöglich ist, für die feinen Pendelschwingungen die erforderlichen Abwickelungsflächen mit geometrischer Schärfe darzustellen, um das absolut ge-

1 Mechanica sive motus Scientia analytice exposita cet. Petrop. 1736. 2 voll. 4. T. II. p. 233 sqq.

2 Nov. Comm. Pet. T. III. p. 286. Vergl. T. II. p. 126.

3 Comm. Pet. T. V. p. 106.

4 Nov. Comm. Pet. T. III. p. 290. Ebenders. über die Tautochrone im widerstandleistenden Mittel in Nov. Comm. Pet. T. X. p. 156. Die Petersburger Denkschriften enthalten überhaupt eine Menge Abhandlungen über den Tautochronismus der Pendel.

Digitized by Google

naue Anlegen der biegsamen Feder wirklich zu erreichen. L. Euler[1] gesteht auch in einer ausführlichen Untersuchung dieses Gegenstandes, daſs die schwere Aufgabe bloſs als eine Uebung in der Analysis anzusehn sey, die in Kreisbögen schwingenden Pendel aber den gesuchten Zweck vollständig gewähren.

Weil indeſs bei diesen gemeinen, in Kreisbögen schwingenden Pendeln, wie fein dieselben auch construirt seyn mögen, die Elongationswinkel in der für eine genügende Reihe von Beobachtungen erforderlichen Zeit zunehmend kleiner werden, die durchlaufenen Bögen aber nicht allzuklein seyn dürfen, wenn die Coincidenzen mit gehöriger Schärfe beobachtet werden sollen, so ist es nothwendig, hierfür eine Correction anzubringen, wenn auch der Werth derselben nur gering ausfällt. Die hierzu erforderliche Berechnung ist von verschiedenen Gelehrten mitgetheilt worden, am vollständigsten durch Biot[2], an dessen Darstellung ich mich daher zunächst halte.

Wenn man sich bei der oben zur Bestimmung der Schwingungszeit eines im Kreisbogen schwingenden Pendels mitgetheilten Formel auf die erste Potenz des Elongationswinkels beschränkt, so erhält man

$$t = \tfrac{1}{2}\pi \left[1 + (\tfrac{1}{2})^2 \frac{\text{Sin. vers. } \alpha}{2 \cdot 1}\right] \sqrt{\frac{2\,1}{g}},$$

worin α den Winkel bezeichnet, welchen die Pendellinie zwischen der verticalen und ihrer Richtung bei der gröſsten Elongation einschlieſst, so daſs also der bei einer einfachen Schwingung durchlaufene Bogen den Winkel $= 2\alpha$ miſst. Es ist aber Sin. vers. $\alpha = 2\,(\text{Sin. } \tfrac{1}{2}\,\alpha)^2$ und die in die Parenthese eingeschlossene Reihe verwandelt sich daher in folgende

$1 + \frac{\text{Sin.}^2 \alpha}{16}$. Allein der Bogen α bleibt sich beim Fortgange der Schwingungen nicht stets gleich, sondern nimmt ab. Wird er also $= \alpha', \alpha'', \alpha''' \ldots\ldots$, so erhielte man hierfür

$$1 + \frac{\text{Sin.}^2 \alpha'}{16},\ 1 + \frac{\text{Sin.}^2 \alpha''}{16},\ 1 + \frac{\text{Sin.}^2 \alpha'''}{16} \ldots\ldots$$

so daſs also nach einer Anzahl von n Schwingungen, welche stattgefunden haben, nachdem der Elongationswinkel $= \alpha$ war, die allen diesen Theilen zugehörigen Schwingungen

---

1 Nov. Comm. Pet. XVII. p. 333 bis 380.

2 Astron. phys. T. III. Add. p. 169.

Digitized by Google

$$n + \frac{\text{Sin.}^2 \alpha'}{16} + \frac{\text{Sin.}^2 \alpha''}{16} + \frac{\text{Sin.}^2 \alpha''}{16} + \ldots + \frac{\text{Sin.}^2 \alpha^{(n)}}{16}$$

seyn würden. Um den Werth zu erhalten, der zu n hinzukommt, müſste die Reihe summirt werden. Zu diesem Ende nimmt man nach den theoretischen Ansichten von de Borda, die durch die Versuche von Biot Bestätigung erhalten, als ausgemacht an, daſs die Gröſse der Elongationswinkel gleichmäſsig abnimmt, was mit einem dem Quadrate der Geschwindigkeit proportionalen Widerstande der Luft am besten übereinstimmend seyn würde. Hiernach bildet die Abnahme der Elongationswinkel eine geometrische Reihe, wenn die Menge der Schwingungen in einer arithmetischen fortgeht, so daſs also jene Reihe leicht summirt werden kann. Auſserdem dürfen statt jener Winkel selbst bei ihrer Kleinheit ohne Nachtheil die Sinusse derselben gesetzt werden, so daſs also Sin $\alpha^{(n)} = \frac{\text{Sin. } \alpha}{K^n}$ wird, wobei der Werth von K von der Länge und sonstigen physikalischen Beschaffenheit des Pendels abhängt und für jedes einzelne besonders bestimmt werden muſs. Heiſst dann die Summe der gegebenen Reihe S, so ist

$$S = \frac{\text{Sin.}^2 \alpha}{16}\left(\frac{1}{K} + \frac{1}{K^2} + \frac{1}{K^3} + \ldots \ldots \frac{1}{K^n}\right)$$

und durch Summirung der eingeschlossenen endlichen Reihe

$$S = \frac{\text{Sin.}^2 \alpha}{16} \cdot \frac{K^n - 1}{(K - 1) K^n}.$$

Aus dieser Formel läſst sich K eliminiren und das Ganze auf den Werth des ersten gröſsten und des letzten kleinsten Elongationswinkels zurückbringen. Es ist nämlich

$$K^n = \frac{\text{Sin. } \alpha}{\text{Sin. } \alpha^{(n)}} \text{ und } K = \sqrt[n]{\frac{\text{Sin. } \alpha}{\text{Sin. } \alpha^{(n)}}},$$

mithin ist

$$S = \frac{\text{Sin. } \alpha \,(\text{Sin. } \alpha - \text{Sin. } \alpha^{(n)})}{16\left[\left(\frac{\text{Sin. } \alpha}{\text{Sin. } \alpha^{(n)}}\right)^{\frac{1}{n}} - 1\right]}.$$

Besteht die Kugel oder die Pendellinse, überhaupt der schwingende Körper, aus einer specifisch bedeutend schweren Masse, und ist das Pendel fein genug construirt, wie bei solchen Pendeln allezeit der Fall zu seyn pflegt, so daſs die Gröſse der Bögen α und $\alpha^{(n)}$ wenig verschieden ist, so genügt es, die nte

Wurzel nur in genähertem Werthe zu suchen. Man hat nämlich in gemeinen Logarithmen

$$\left(\frac{\text{Sin. }\alpha}{\text{Sin. }\alpha^{(n)}}\right)^{\frac{1}{n}} = 10^{\frac{\text{Log.}\left(\frac{\text{Sin. }\alpha}{\text{Sin. }\alpha^{(n)}}\right)}{n}}$$

und das letzte Glied der Gleichung entwickelt

$$\left(\frac{\text{Sin. }\alpha}{\text{Sin. }\alpha^{(n)}}\right)^{\frac{1}{n}} = 1 + \frac{M}{n}\text{ Log. }\frac{\text{Sin. }\alpha}{\text{Sin. }\alpha^{(n)}} + \frac{M^2}{1.2.n^2}\text{ Log.}^2\frac{\text{Sin. }\alpha}{\text{Sin. }\alpha^{(n)}} + \ldots.$$

worin M den Modulus der gemeinen Logarithmen = 2,302585 bezeichnet. Auſserdem weicht $\frac{\text{Sin. }\alpha}{\text{Sin. }\alpha^{(n)}}$ wenig von der Einheit ab, weswegen man sich auf die erste Potenz des Logarithmen beschränken kann, wonach also

$$S = \frac{n.\text{Sin. }\alpha\,(\text{Sin. }\alpha - \text{Sin. }\alpha^{(n)})}{M.16.\text{Log.}\frac{\text{Sin. }\alpha}{\text{Sin. }\alpha^{(n)}}}$$

wird. Heiſsen dann n′ die corrigirten oder auf verschwindend kleine Bögen reducirten Mengen der Schwingungen, n aber die mit abnehmenden Elongationswinkeln wirklich beobachteten, so ist

$$n' = n\left[1 + \frac{\text{Sin. }\alpha\,(\text{Sin. }\alpha - \text{Sin. }\alpha^{(n)})}{M.16.\text{Log.}\frac{\text{Sin. }\alpha}{\text{Sin. }\alpha^{(n)}}}\right]$$

Endlich darf man bei der Kleinheit der Schwingungsbögen statt Sin. α — Sin. $\alpha^{(n)}$ unbedenklich Sin. $(\alpha - \alpha^{(n)})$ setzen, wonach also die durch Biot angewandte Formel wird:

$$n' = n\left(1 + \frac{\text{Sin. }\alpha\text{ Sin. }(\alpha - \alpha^{(n)})}{16\,M.\text{Log. }\frac{\alpha}{\alpha^{(n)}}}\right)$$

statt deren man für kurze Zeit dauernde Beobachtungen, bei denen α und $\alpha^{(n)}$ keinen bedeutenden Unterschied darzubieten pflegen, noch einfacher setzen kann

$$n' = n\left(1 + \tfrac{1}{16}\text{ Sin.}^2\frac{(\alpha + \alpha^{(n)})}{2}\right)..$$

de Borda substituirte statt des ersten gemessenen Bogens, also statt Sin. α, das arithmetische Mittel aus dem ersten und letzten $= \frac{\alpha + \alpha^{(n)}}{2}$ und setzte bei der Kleinheit der Elongations-

winkel $\frac{1}{2}$ Sin. $(\alpha + \alpha^{(n)})$ statt Sin. $\left(\frac{\alpha + \alpha^{(n)}}{2}\right)$, wodurch er die von ihm ohne Beweis gegebene Correctionsformel

$$n' = \frac{n \text{ Sin. } (\alpha + \alpha^{(n)}) \text{ Sin. } (\alpha - \alpha^{(n)})}{32 \text{ M. Log. } \frac{\text{Sin. } \alpha}{\text{Sin. } \alpha^{(n)}}}$$

erhielt, die er bei seiner berühmten Pendelmessung anwandte. Biot bemerkt jedoch, daſs das Resultat von dem nach seiner Formel berechneten nur unmerklich abweicht, indem die Correction auſserdem nicht mehr als zwei bis drei Schwingungen auf 100000 betrug.

Diese Formel wird bei ihrer Anwendung von den verschiedenen Beobachtern etwas modificirt, ohne daſs jedoch die Resultate dadurch eine merkliche Aenderung erleiden. Kater[1] z. B. addirte eine Correction = C, welche durch folgende Formel erhalten wird:

$$C = \delta \left(\frac{\alpha_1 + \alpha_n}{2}\right)^2,$$

worin δ den Unterschied der Schwingungen in der Cykloide und im Kreisbogen von 1° binnen 24 Stunden bezeichnet, der aber für jedes Pendel verschieden ist und für das von ihm gebrauchte = 1,635 gefunden wurde. Sabine[2] dagegen bediente sich der bessern und bequemern Formel, welche W. Wats[3] bei der Prüfung der Kater'schen aufgefunden hat, wonach für die Zahl n der gezählten Schwingungen die Zahl n' der corrigirten gefunden wird

$$n' = n + \frac{n (a + b) (a - b)}{241886{,}08 \text{ Log. } \frac{a}{b}},$$

worin a den ersten und b den letzten beobachteten Schwingungsbogen bezeichnet[4].

Neuerdings suchte Capt. Sabine[5] auf dem Wege der Erfahrung auszumitteln, ob die durch diese Formel erhaltenen Re-

1 Phil. Trans. 1818. p. 46.

2 An Account of Experiments cet. p. 16.

3 Edinb. Phil. Journ. N. II. p. 325.

4 Eine etwas verwickeltere Formel zur Reduction der Schwingungsbögen giebt J. W. L. (Lubbock) in Phil. Mag. and Ann. of Phil. T. IV. p. 338.

5 Phil. Trans. 1831. p. 461.

Digitized by Google

sultate genau seyen, was sich dadurch ergeben muſste, daſs er das nämliche Pendel mit Wegschaffung des Luftwiderstandes unter ganz gleichen Bedingungen in kleinern und gröſsern Bögen schwingen lieſs. Hierzu benutzte er den nachher weiter zu erwähnenden Apparat für Pendelschwingungen im Vacuum und lieſs ein Kater'sches unveränderliches Pendel zuerst durch Bögen von 1°,32 bis 0°,73; dann von 0°,7 bis 0°,42; dann von 0°,42 bis 0°,19 in zwei Versuchsreihen schwingen, wobei die Länge jedes Grades 0,833 engl. Zolle betrug. Bei einer folgenden Reihe von Versuchen war die Gröſse der durchlaufenen Bögen 1°,46 bis 0°,80; dann von 0°,80 bis 0°,41; dann von 0°,41 bis 0°,18; bei noch einer folgenden betrug dieselbe von 1°,32 bis 0°,89; dann von 1°,44 bis 0°,84; dann von 0°,37 bis 0°,26; endlich von 0°,26 bis 0°,16; bei allen war das gröſsere Gewicht oben. Im Mittel aus allen Versuchen ergab sich, daſs die Formel mit 1,4 multiplicirt werden müsse, wenn die gröſsern Bögen auf kleinste richtig reducirt werden sollten. Mehrere Versuchsreihen mit Schwingungen durch Bögen von ungleicher Gröſse, wobei das groſse Gewicht unten hing, gaben das Resultat, daſs ein constanter Factor = 1,13 erforderlich sey; aus mehrern andern folgte jedoch, daſs es gar keiner Multiplication mit einem constanten Factor bedürfe, und dieses Ergebniſs schien am richtigsten zu seyn, weil bei den letzten Versuchen eine Uhr von mehr unveränderlichem Gange angewandt war.

b) Correction wegen der Temperatur.

Die Wärme dehnt alle Körper aus, und da man bei Pendelbeobachtungen in der Regel die Temperatur nicht nach Willkür reguliren kann, so muſs es sich hiernach ereignen, daſs das beobachtete Pendel während der Dauer seiner Schwingungen durch den Einfluſs der Wärme länger oder kürzer war, als zur Zeit seiner Messung auf dem zur Norm dienenden Maſsstabe, beide können aber auch während ihrer Vergleichung länger oder kürzer seyn, als bei einer einmal angenommenen Normaltemperatur. Es ist indeſs sehr leicht, die hierfür erforderliche Correction zu finden, wenn nur die Gröſse der Ausdehnung der gebrauchten Substanzen durch Wärme mit hinlänglicher Genauigkeit als bekannt vorausgesetzt werden kann[1]. Es

---

1 Die Resultate der bisherigen Bemühungen findet man Bd. I. S. 559.

Digitized by Google

sey demnach die Temperatur des Pendels, welche auf die oben angegebene Weise durch einige in dessen Nähe befindliche Thermometer sorgfältig gemessen werden muſs, zur Zeit der beobachteten Schwingungen $= T$, bei der Messung auf dem Maſsstabe $= T'$, die Ausdehnung der Substanz des Fadens für einen Grad der Thermometerscale $= D$, die gemessene Länge $= l$, die corrigirte $= l'$, so ist $l' = l D (T' - T)$. Ist ferner die Normallänge des Maſsstabes für die Temperatur T'' bestimmt und die Ausdehnung für einen Grad der gebrauchten Thermometerscale $= D'$, so wird die durch Messung auf dem Maſsstabe gefundene Gröſse kleiner, wenn letzterer durch Wärme ausgedehnt ist, und man erhält also

$$l' = l\,[1 - D\,(T' - T) + D'\,(T' - T'')].$$

In den meisten Fällen ist die normaleLänge des Maſsstabes, wie z. B. beim Meter für 0° C. bestimmt, und dann giebt die Formel

$$l' = l\,[1 - D\,(T' - T) + D'\,T']$$

diejenige Länge, welche das Pendel bei der Temperatur der Messung hat, wenn es auf dem Maſsstabe bei 0° Temperatur des letztern gemessen wäre. Soll hieraus die Länge des Pendels gleichfalls bei 0° Temperatur $= l''$ bestimmt werden, so ist

$$l'' = l'\,(1 + D\,T').$$

Weil aber auch die Linse oder die Kugel, überhaupt der am Pendelfaden oder an der Pendelstange schwingende Körper sich gleichfalls durch Wärme ausdehnt, so muſs auch diese Gröſse mit in Rechnung gebracht werden. Es läſst sich annehmen, daſs man sich zu den feinen Pendelmessungen nur des Kater'schen Reversionspendels bedient, wobei bloſs die Länge der zwischen den beiden Messerschneiden befindlichen Stange eine Correction wegen der Temperatur erfordert, oder daſs man eine Metallkugel an einem Metallfaden schwingen läſst. Im letztern Falle wird der Schwerpunct der Kugel, in welche der Faden vermittelst einer Klemme oben eingeschraubt ist, ihrer Ausdehnung proportional tiefer herabsinken. Ist also die ganze Länge des Pendels von der untern Fläche der Kugel bis an den Schwingungspunct gemessen und hierfür die angegebene corrigirte Länge gefunden, der Halbmesser der Kugel aber $= r$ und die Ausdehnung des Körpers, woraus sie besteht, $= D''$ (wofür de Borda bei der von ihm gebrauchten Platinkugel 0,00000S665 für 1° C. fand), so ist die corrigirte Länge des gebrauchten Pendels $L = l'' - r\,(1 + D''\,T')$.

Digitized by Google

Der um diesen Gegenstand vorzüglich verdiente Capt. Sabine[1] hat wohl das sicherste Mittel angewandt, um die erforderliche Correction wegen der Temperatur für die insgesammt sehr gleichförmig construirten Kater'schen Reversionspendel mit gröſster Schärfe aufzufinden, indem er die Temperatur des Beobachtungszimmers künstlich veränderte und die Schwingungen des nämlichen Pendels bei ungleicher Wärme zählte. Hierbei war es aber nicht wohl möglich, die künstliche Erwärmung lange genug unverändert zu erhalten, und zur Controlirung dieser erstern Versuche verglich er daher andre im Winter angestellte Messungen mit solchen aus der Zeit des Sommers, fand die Resultate beider Versuchsreihen jedoch wenig von einander abweichend und erhielt als mittlern Werth 0,44 Schwingungen einer Temperaturveränderung von 1° F. zugehörig, wonach also die Correction leicht zu bewerkstelligen ist. Eine dieser Bestimmung sehr nahe kommende hatte Capt. Kater[2] bereits früher durch directe Messung der Ausdehnung seines Pendels gefunden, nämlich 0,00000982 der ganzen Länge desselben für 1° F., welches einer Correction von 0,423 Schwingungen binnen 24 Stunden zugehört. Diese hinlänglich genau bestimmte Correction wird daher bei allen, im Ganzen sehr gleichförmig construirten, dem Längenbüreau in London zugehörigen Pendeln in Anwendung gebracht. Meistens pflegen jedoch die zu wichtigen Messungen verwandten Pendel auf die durch Sabine befolgte Weise geprüft zu werden, um bei ihnen als Individuen die erforderliche Correction aufzufinden. So geschah dieses unter andern mit dem auf der russischen Entdeckungsreise unter Capt. Luetke gebrauchten Kater'schen Reversionspendel[3], welches bei den mittlern Temperaturen 31°,5 und 82°,5 F. geprüft wurde, wobei sich fand, daſs seine Wärmecorrection 0,458 Schwingungen für 1° F. in 24 Stunden betrug. Die Abweichung von der durch Sabine gefundenen Gröſse leitet Luetke von gröſserer Weichheit der Messingstange ab.

1 Phil. Trans. 1830. p. 251.
2 Phil. Trans. 1819. p. 337.
3 Mém. de l'Acad. de Petersb. 1830.

c) Entfernung des Schwingungsmittelpunctes von der Umdrehungsaxe beim physischen Pendel.

Soll die eigentliche Länge eines Pendels gefunden werden, so ist wohl zu berücksichtigen, daſs diese vom Schwingungsmittelpuncte (dem *centrum oscillationis*) an bis zur geometrischen Umdrehungsaxe gemessen werden muſs. Wenn nun vorläufig angenommen wird, daſs die geometrische Umdrehungsaxe da liegt, wo das Pendel auf einer Unterlage ruht oder am obern Ende befestigt ist, so kommt es nur darauf an, den Mittelpunct der Schwingung genau aufzufinden. Beim einfachen Pendel ist dieses leicht, indem man einen schweren Punct in einer Curve bewegt voraussetzt, deren Abstand vom Umdrehungspuncte die Länge des Pendels unmittelbar giebt; ist aber statt eines solchen Punctes ein schwerer Körper von beliebiger Form und Gröſse gegeben, so erfordert es eine nicht leichte Correction, die gesuchte Länge mit völliger Genauigkeit zu finden. Man entgeht dieser Mühe durch Anwendung des Reversionspendels oder durch Messung des Längenunterschiedes zweier ungleich langen Pendel, wenn die beiden letztern aus der nämlichen Kugel und dem nämlichen Faden bestehn.

Das Problem, für jedes gegebene Pendel den Mittelpunct der Schwingung aufzufinden, hat die Geometer vielfach beschäftigt; inzwischen kann dasselbe hier nur im Allgemeinen erörtert werden. Sogleich nach Auffindung der allgemeinen Gesetze der Pendelschwingungen geriethen auf die durch Mersenne gegebene Veranlassung Cartesius und Roberval mit einander in Streit über dieses Problem, welches zuerst Huyghens[1] auflöste, indem er den allgemeinen Satz aufstellte: *man dividire die Summe der Trägheitsmomente der Massen durch das statische Moment oder das Moment der Summe ihrer Gewichte, so ist der Quotient die Länge des einfachen Pendels, welches mit dem zusammengesetzten gleichzeitig schwingt.* Später haben Jacob Bernoulli[2], Johann Bernoulli[3], Hermann[4],

1 Horolog. oscill. Par. 1773. p. 93.
2 Mém. de l'Acad. 1703. Opp. Jac. Bernoulli p. 98.
3 Acta Erud. 1714. Opp. Joh. Bern. T. II. p. 96.
4 Comm. Soc. Pet. T. III. p. 1.

Digitized by Google

Daniel Bernoulli[1] und insbesondere L. Euler[2] dieses Problem ausführlich behandelt. Da es allezeit schwierig ist, die zu dieser Correction erforderlichen Bestimmungen bei einem gegebenen physischen Pendel aufzufinden, und man für feinere Pendel in der Anwendung in der Regel entweder das Reversionspendel oder eine Kugel an einem feinen Faden wählen wird, so genügt es hier, nur die einfachsten Fälle näher zu berücksichtigen.

Wenn eine schwere Kugel an einem nicht schweren Faden befestigt pendelartig schwingt, so liegt nach den Regeln der Mechanik der Mittelpunct ihrer Schwingung oder das *centrum oscillationis* unter ihrem Mittelpuncte, und zwar um eine Gröſse, welche $= \frac{2\,r^2}{5\,L}$ beträgt, wenn r den Halbmesser der Kugel und L die Länge des Pendels von der Schwingungsaxe bis zum Mittelpuncte der Kugel bezeichnet, vorausgesetzt, daſs die Kugel aus gleichartiger Masse besteht und also überall gleiche Dichtigkeit hat[3]. Darf man also bei einer Kugel aus einer specifisch beträchtlich schweren Substanz das Gewicht des feinen Fadens, woran sie herabhängt, vernachlässigen, so ist hiernach die corrigirte Länge des Pendels durch Aufnahme dieser Correction in die mitgetheilte Formel

$$L'' = l'' - r\,(1 + D''\,T') + \frac{2\,r^2}{5\,l''}\,.$$

In der Regel kann man jedoch bei einem geforderten hohen Grade von Genauigkeit das Gewicht des Fadens oder der Stange, woran das Gewicht hängt, nebst den Vorrichtungen, wodurch diese am Gewichte und an der Umdrehungsaxe befestigt sind, nicht vernachlässigen, und es würde mindestens rathsam seyn,

---

1. Nov. Comm. Pet. XVIII. 268.

2 Acta Pet. T. III. P. II. p. 95. Theoria motus corp. rig. Cap. VI. u. VII. Vergl. Kästner höhere Mech. Abschn. III. §. 6 ff. Poisson Traité de Méc. T. II. p. 110.

3 Elementi di Meccanica e d'Idraulica di Giuseppe Venturoli cet. Terza edit. Milano 1817. 2 voll. 8. T. I. p. 148. Bei einem überall gleichmäſsigen Stabe, eigentlich einer geraden Linie, ist die Entfernung der Schwingungsaxe vom Mittelpuncte der Schwingung $= \frac{2\,L}{3}$, welches auf jeden gleichmäſsig dicken und geraden, am einen Ende aufgehangenen Stab Anwendung leidet.

Digitized by Google

ihren Einfluſs zur Entscheidung hierüber vorläufig zu berechnen. In dieser Beziehung wird es hier jedoch genügen, nur die einfachste Construction solcher Pendel zu berücksichtigen. Es werde daher angenommen, daſs sich über dem Aufhängepuncte des Pendels keine merklich groſse Masse desselben weiter befinde und also die Länge von diesem Puncte an bis ans Ende der
Fig. 33. Stange, also von c bis b gemessen werden könne; es sey ferner das Gewicht des Fadens oder der dünnen Stange cb = p, das Gewicht des angehängten Körpers, dessen Mittelpunct sich in k befindet, = p′, die ganze Länge des Pendels cb = l, die Länge bis an den Mittelpunct k des schweren Körpers = L, so ist allgemein die corrigirte Länge des Pendels[1]

$$L' = \frac{\frac{1}{3} l^2 p + L^2 p'}{\frac{1}{2} l p + L p'};$$

also für eine Kugel mit Rücksicht auf die Lage des Mittelpunctes der Schwingung in derselben

$$L' = \frac{\frac{1}{3} l^2 p + (L^2 + \frac{2}{5} r^2) p'}{\frac{1}{2} l p + L p'};$$

für eine nicht sehr dicke kreisförmige Scheibe, deren Halbmesser gleichfalls durch r bezeichnet werden möge,

$$L' = \frac{\frac{1}{3} l^2 p + (L^2 + \frac{1}{4} r^2) p'}{\frac{1}{2} l p + L p'};$$

und für eine Linse vom Halbmesser des Flächendurchschnittes = r und dem Halbmesser der Dicke = r′, welche sich also der Kugel um so mehr nähert, je näher $\frac{r'}{r}$ der Einheit kommt,

$$L' = \frac{\frac{1}{3} l^2 p + \left(L^2 + \frac{r^2}{20}\left(8 - 3\frac{r'}{r}\right)\right) p'}{\frac{1}{2} l p + L p'}.$$

Unter die genauesten frühern Versuche mit Pendeln gehören die sehr bekannt gewordenen von de Borda 1792, zur Bestimmung der absoluten Länge des Secundenpendels mit einer Platinkugel an einem sehr dünnen Platindrahte angestellt. Sie wurden später wiederholt durch Biot und Arago, und es war

---

1 Langsdorf Handbuch der gemeinen und höhern Mechanik fester und flüssiger Körper. Heidelb. 1807. S. 301. Andere bequeme Formeln geben W. Brandes Lehrbuch der Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung fester und flüssiger Körper. Leipz. 1818. Th. II. S. 250.

Digitized by Google

bei ihrer Berechnung nothwendig, die gesammten erforderlichen Correctionen zu berücksichtigen, weil die absolute Länge des einfachen Secundenpendels aus den Schwingungszeiten und der Länge des beobachteten gefunden werden sollte. Für das bei diesen vielen Versuchen gebrauchte Pendel wurde die fragliche Gröſse auf folgende Weise corrigirt[1]:

Es sey die Länge vom Aufhängepuncte bis zum Centrum der Kugel L

Halbmesser der Platinkugel bei 0° C. . . . . r

Gewicht der Kugel in Grammen . . . . m

Abstand der Aufhängungsaxe bis zum Anfange des Platinfadens . . . . b

Abstand des Schwerpunctes der Hülse, womit der Draht in der Kugel befestigt war, vom Mittelpuncte der Kugel . . . . d

Gewicht des Platinfadens in Grammen . . . . p

Gewicht der Hülse in Grammen . . . . n

so ist

$$Q=\frac{\frac{p}{6m}\left[L+b+r+\frac{2(br-r^2-b^2)}{L}\right]+\frac{n}{m}\left(d-\frac{d^2}{L}\right)+\frac{pr^2}{5mL^2}[L+b+r]+\frac{2nr^2}{5ML}(L-d).}{1+\frac{p}{2m}\left(1+\frac{b-r}{L}\right)+\frac{n}{m}\left(1-\frac{d}{L}\right)}$$

Die Länge des Pendels wäre diesemnach

$$L'' = l'' - r(1 + D'' T') + \frac{2r^2}{5 l''} - Q.$$

d) Einfluſs der Fläche der Messerschneide.

Die Messerschneiden, worauf die Pendel meistens schwingen, müssen auf jeden Fall in einer geraden Linie liegen, und bei den Versuchen ist darauf zu sehn, daſs dieses so vollständig der Fall sey, als es überhaupt möglich ist, eine geometrische gerade Linie physisch darzustellen. Nach Bessel's[2] sehr genauen Prüfungen besteht das, was man die Schneide nennt,

---

1 Recueil d'observations géodésiques, astronomiques et physiques, exécutées par ordre du bureau des longitudes de France en Espagne, en France, en Angleterre et en Écosse cet. redigé par MM. Biot et Arago. Par. 1821. p. 441, wo über die Correctionen bei Pendeln ausführlich gehandelt wird. Vergl. Carlini und Plana in Effem. di Mil. 1824. App. p. 28 ff.

2 Untersuchungen S. 46. und S. 69 ff.

aus einer krummen Fläche, deren Krümmung einem Kegelschnitte angehört, der sich der Kleinheit wegen nicht völlig genau bestimmen läſst. Diese Krümmung ist durch zwei Ebenen begrenzt, die einen Winkel von 90° oder von 120° einzuschlieſsen pflegen. Früher nahm man allgemein an, die Form und Gröſse dieser allezeit sehr kleinen krummen Fläche habe auf die Länge des Pendels gar keinen Einfluſs und man dürfe also die Berührungslinie derselben mit der Ebene der achatnen Unterlage als die Schwingungsaxe des Pendels betrachten, allein LA PLACE[1] zeigte zuerst, daſs auch die feinste Schneide eine krumme Fläche bilde, welche sich daher auf der ebenen Unterlage bei den Pendelschwingungen wälze, wodurch dann die Schwingungsaxe unter oder über die Ebene der Unterlage falle. BIOT und ARAGO glaubten sowohl in Beziehung auf ihre eigenen, als auch auf die von DE BORDA angestellten Pendelmessungen, daſs die hieraus zu entnehmende Correction eine zu unbedeutende Gröſse betrage und daher füglich vernachlässigt werden könne, allein BESSEL hat durch eine eben so weitläufige als genaue Reihe schätzbarer Versuche, bei denen er den Pendelfaden sich um einen Cylinder wickeln lieſs oder zwischen einer horizontalen ebenen Fläche festklemmte oder an einer Messerschneide befestigte, genügend dargethan, daſs die Messerschneide überhaupt, insbesondere aber ihre Form und Breite, einen Einfluſs auf die Pendelschwingungen habe. Wäre z. B. die krumme Fläche der Theil eines Cylinders von 0,1 Lin. Halbmesser, so würde sie bei einem Elongationswinkel des Pendels von 1°,25 als dem gröſsten in KATER's Versuchen vorkommenden das Pendel um 0,1 Lin. verlängern, wenn sie auch nur eine Breite von 0,0043 Lin. hätte. BESSEL hat die Gröſse, um welche das physische Pendel hiernach verkürzt werden müſste, wenn dasselbe mit dem einfachen isochronisch schwingen soll, für die verschiedene Form der krummen Fläche berechnet, inzwischen würde es überflüssig seyn, die gefundenen Bestimmungen hier mitzutheilen, da dieser geübte Experimentator es selbst für unmöglich erklärt, die Gestalt einer gegebenen Messerschneide von der nöthigen Feinheit durch Beobachtung mit genügender Schärfe zu bestimmen. Wichtiger für die praktische Anwendung dagegen

1 Ann. de Chim. et Phys. II. 92. G. LVII. 225. Vergl. Th. Young in Phil. Trans. 1818. p. 95.

Digitized by Google

ist, was derselbe gleichfalls bewiesen hat, nämlich daſs dieser Fehler nicht allezeit bei der Anwendung des Kater'schen Reversionspendels verschwinde, indem dieses nur dann der Fall sey, wenn beide Schneiden durch gleiche Cylinderflächen begrenzt sind. Man vermeidet jedoch den Einfluſs derselben dann, wenn man beide Schneiden so einrichtet, daſs sie verwechselt werden können, wodurch der Fehler auf die entgegengesetzte Seite fällt, und also verschwindet, wenn man die Pendellänge aus dem Mittel von zwei Versuchsreihen und Messungen bestimmt. Auſserdem ist an sich klar, daſs der Einfluſs der Messerschneide so viel geringer seyn wird, je schärfer dieselbe ist, vorausgesetzt, daſs sie nicht so dünn sey, um gebogen oder abgenutzt zu werden, weil sonst der Fehler noch bedeutender ausfällt, weswegen man den Winkel der sie einschlieſsenden Ebenen wohl nicht kleiner als mindestens 60° machen wird, meistens ihn aber = 90° nimmt. Bessel hat seine Versuche auch so weit ausgedehnt, daſs er bei einem für diesen Zweck eigends vorgerichteten Pendel mit reciproken Axen die Messerschneiden nicht bloſs verwechselte, sondern auch abstumpfte und selbst den Einfluſs ihrer Abnutzung prüfte [1]. Als ein für die Wissenschaft höchst wichtiges Resultat geht hieraus hervor, daſs man die Messerschneide vor und nach dem Gebrauche genau prüfen müsse, um sich zu überzeugen, daſs dieselbe nach ihrer Länge völlig gerade oder daſs eine an ihre Oberfläche gelegte, mit der Schwingungsaxe parallele Linie möglichst genau eine gerade, die gekrümmte Fläche aber so schmal sey, als sie sich darstellen läſst, welches Letztere man vermittelst eines Mikroskops prüft. Die Breite der durch Bessel gebrauchten Messerschneide betrug nach der Abstumpfung 0,0216 par. Lin. und nach einer stärkeren Schärfung 0,0135 par. Linien, die beiden, deren sich Biot und Arago bedienten, 0,0166 und 0,0023 par. Linien, weswegen die mit der letztern angestellten Versuche ein gröſseres Vertrauen verdienen, obgleich beide Beobachter keinen Einfluſs dieses Untersch[illegible] auf die Resultate wahrgenommen haben.

---

1 Das vom Capt. Lütke auf der russischen Entdeckungsreise gebrauchte Pendel gab zu Greenwich nach der Rückkehr 0,6 Schwingungen mehr in 24 Stunden, woraus also eine Abnutzung der Messerschneide während des Gebrauchs folgte. S. Mém. de l'Acad. de Petersb. 1830.

Digitized by Google

was Bessel jedoch für eine Folge des Zufalls, namentlich der eigenthümlichen Krümmung beider Flächen hält. Gleich wichtig ist die Versicherung Bessel's, daſs nach seiner Ueberzeugung der Einfluſs der Messerschneide auf die Länge des Pendels bei den durch Kater angestellten Versuchen wo nicht ganz verschwindend, doch mindestens sehr gering gewesen sey, weil dieser Beobachter sich durch seine Genauigkeit eben so sehr als seine Erfindungsgabe auszeichnet, weswegen seine ohnehin von dem sehr harten Wootz verfertigten Messerschneiden bei der auf sie verwandten Sorgfalt keine Abnutzung und keine gröſsere, als etwa 0,001 einer Linie betragende Breite erwarten lassen. Die vielen, nach diesem ersten Normalpendel verfertigten ähnlichen sind indeſs sämmtlich mit demselben verglichen worden, wodurch dann ein etwa vorhandener Fehler von selbst corrigirt wurde. Endlich versteht sich von selbst, daſs die oberhalb der Schwingungsaxe befindliche Masse der Messerschneide genau durch ein Gegengewicht balancirt werden müsse, weil sie sonst dem Pendel entgegengesetzt schwingen und auf dessen Oscillationen störend einwirken würde.

Auſser der Anwendung der Messerschneide zum Aufhängen der Pendel bedient man sich noch einer Klemme und des Abwickelungs-Cylinders. Bessel's[1] Versuche mit allen diesen drei Arten des Aufhängens beweisen, daſs die Klemme sowohl als auch der Abwickelungs-Cylinder den Mittelpunct der Bewegung um einige Hunderttheile einer Linie zu tief geben, was allerdings zu berücksichtigen ist, wenn die absolute Länge des einfachen Pendels aus Versuchen mit einem einzigen solchen Pendel gefunden werden soll. Daſs man sich jedoch hierzu gegenwärtig ganz allgemein anderer Mittel bediene, wird im nächsten Abschnitte (unter F) gezeigt werden.

Die Unterlagen der Messerschneide bei Pendelversuchen bestehn fast ohne Ausnahme aus Achatplatten, welche möglichst eben geschliffen sind und denen man daher keinen Einfluſs auf die Pendellängen einräumt. Inzwischen wurde Bessel aufmerksam auf einen möglichen Einfluſs derselben durch die Resultate der Versuche, welche Sabine[2] mit den beiden von ihm gebrauchten Pendeln anstellte. Dieser prüfte nämlich nach seiner

1 Dessen Untersuchungen S. 84.

2 An Account of Experiments cet. p. 127 ff.

Digitized by Google

Rückkunft von der Reise beide von ihm benutzte Pendel Nr. 3. und Nr. 4. in London, um die Ueberzeugung zu erlangen, daſs sie unterwegs keine Veränderung erlitten hatten, und fand dieses zwar allerdings, zugleich aber auch, daſs das eine derselben Nr. 3. auf den Achatplatten des Kater'schen Pendels um $\frac{1}{59000}$ abwich, indem es täglich 1,46 Schwingungen mehr machte, während sich bei dem andern diese Abweichung nicht zeigte. Die genaueste Prüfung der gebrauchten Platten, der Kater'schen und der den Pendeln zugehörigen, die sich auch übrigens ganz gleich waren, lieſs keinen Unterschied der Politur, Härte oder einer sonstigen Eigenthümlichkeit wahrnehmen, woraus man diesen Einfluſs ableiten konnte, dessen Ursache um so weniger zu ergründen war, als er sich nur bei dem einen der gebrauchten Pendel zeigte. Bessel[1] wurde indeſs hierdurch bewogen, das von ihm construirte Reversionspendel auf Unterlagen von ungleicher Härte und Form schwingen zu lassen, um den hiernach merklicheren Einfluſs derselben aufzufinden. Die hierbei gebrauchten Unterlagen waren Platten von Achat, von mattgeschliffenem Glase und von Stahl, Glascylinder, Platten und Cylinder von Messing. Die erhaltenen Resultate ergaben, daſs die ersten vier Unterlagen keinen Einfluſs ausüben, denn wenn auch bei wiederholten vielen Versuchen sich ein kleiner Unterschied herausgestellt hätte, so war es doch nicht der Mühe werth, diesem weiter nachzuforschen, da Sabine's Versuche darthun, daſs ein solcher auch bei verschiedenen Platten von gleicher Masse stattfinden kann. Ganz anders verhielt es sich jedoch, als Ebenen von gehämmertem und dann mattgeschliffenem Messing angewandt wurden. Im Allgemeinen waren nämlich die Schwingungszeiten beträchtlich kürzer, als auf härteren Unterlagen, jedoch hatte die Schneide keinen bleibenden Einschnitt erzeugt, sondern bloſs eine schmale Fläche polirt, deren Breite mit dem Mikroskope nicht meſsbar war. Bei der Anwendung von Messing-Cylindern zeigte sich ein sehr groſser und mit den Elongationswinkeln veränderlicher Einfluſs, auch waren in diesen Einschnitte von 0,01 bis 0,013 Lin. Breite, aber weit geringerer Tiefe erzeugt. Als Endresultat aller Versuche ergiebt sich, daſs die Schneide, indem sie sich in die Unterlage eindrückt, auch vielleicht Theile derselben über ihre ursprüng-

1 Untersuchungen u. s. w. S. 84 ff.

Digitized by Google

liche Oberfläche erhöht, und dadurch, bei der Bewegung des Pendels, eine Bewegung der Materie der Unterlage erzeugt, sich nicht um ihre Schärfe, sondern um einen höhern oder niedrigern Punct dreht, jenachdem niedrigere oder höhere Theile der Unterlage leichter ausweichen. Wie man auch diesem Einflusse bei der Anwendung des Reversionspendels entgehn könne, soll gleichfalls unter F gezeigt werden.

Da es keinen Körper giebt, welcher nicht einige, wenn auch nur geringe Elasticität zeigt, so unterliegt es keinem Zweifel, daſs nicht bloſs die Messerschneiden und ihre Unterlagen durch das Gewicht der schwingenden Pendel zusammengedrückt werden, sondern daſs auch der Pendelfaden sich längen muſs. Ueber die Elasticität der Messerschneiden hat Th. Young[1] Untersuchungen angestellt und gefunden, daſs ihr Einfluſs unmerklich ist. Wären ferner die Elongationswinkel schwingender Pendel gröſser, als sie bei allen feinern Messungsversuchen zu seyn pflegen, so würde die Schwungkraft des aus gröſserer Höhe herabfallenden schweren Körpers wachsen, dadurch die Ausdehnung des Pendelfadens zunehmen und also für verschieden groſse Schwingungsbögen ungleich werden. Da aber jene kaum 1°,5 erreichen, auf jeden Fall diese Gröſse nicht übertreffen, so darf man annehmen, daſs die Pendel stets gleichmäſsig durch ihr eigenes Gewicht ausgedehnt sind und die Gröſse der Zusammendrückung der stets angewandten sehr harten Unterlagsplatten sich nicht ändert. Auf gleiche Weise geht aus den Versuchen über die Elasticität der Körper[2] genügend hervor, daſs bei den feinen Pendeln die Gröſse der durch ihre Elasticität bewirkten Ausdehnung nur unmerklich ist und daher füglich vernachlässigt werden kann, obgleich Kater bei der Messung seines Secundenpendels es für rathsam hielt, dasselbe durch eine gleiche Kraft auszudehnen, als das eigene Gewicht desselben betrug. Man hat zwar theoretische Untersuchungen über Pendel mit elastischen Fäden angestellt, sollte aber ein genügendes Resultat hieraus hervorgehn, so müſsten diese auf gleiche Weise mit Versuchen verbunden seyn, als die von Bessel über den Einfluſs der Unterlagen. Vorläufig darf

---

1 Phil. Trans. 1818. p. 99.
2 Vergl. *Elasticität* Bd. III. S. 181.

Digitized by Google

man eine deswegen anzubringende Correction für überflüssig halten [1].

e) Widerstand der Mittel gegen die schwingenden Pendel.

Eigentlich sollte das Pendel im luftleeren Raume schwingen, weil die auf dasselbe wirkende Kraft der Schwere, die durch g bezeichnet wurde, hierfür festgesetzt ist. Die Beobachtungen werden aber im lufterfüllten Raume angestellt, wobei noch obendrein die Dichtigkeit und Elasticität des Mediums einem Wechsel unterworfen ist. Dieser letztere kann zwar leicht durch gleichzeitige Barometer-, Thermometer- und Hygrometer-Beobachtungen auf eine normale Gröſse zurückgebracht werden, allein es kommen dabei noch zwei andere schwierige Fragen in Betrachtung, nämlich zuerst, ob und inwiefern das Gewicht des pendelartig oscillirenden Körpers durch den statischen Einfluſs der Luft vermindert wird, und zweitens, in welchem Grade die gleichzeitig in Bewegung gesetzte Flüssigkeit, die atmosphärische Luft, die Schwingungen verändert.

In Beziehung auf die erste Frage war man früher allgemein der Meinung [2], daſs die Schwere des Pendels um so viel vermindert werde, als die durch dasselbe verdrängte Luft wiegt, und daſs demnach die Schwingungen desselben dieser Verminderung seiner Schwere proportional verzögert würden, weil sie ursprünglich als eine Function der letztern angenommen sind [3].

---

1 Bessel's analytische Untersuchungen über die Federkraft des Pendelfadens beziehn sich zunächst auf die Curve, in welche der elastische Pendelfaden bei den Schwingungen gebogen wird, jedoch erwähnt er zugleich auch die Ausdehnbarkeit desselben. S. dessen Untersuchungen u. s. w. S. 104 ff.

2 Biot Astron. phys. T. III. Addit. p. 157. Recueil d'Observations cet. p. 441 ff.

3 Man hat seit Newton allgemein angenommen, daſs der Widerstand der Luft auf die Schwingungszeiten keinen Einfluſs habe, weil derselbe für die halben Schwingungen entgegengesetzt und dadurch aufgehoben werde; dagegen solle eine vermehrte Dichtigkeit der Luft die Elongationswinkel ändern. Davies Gilbert in Journ. of Science, Lit. and Arts XXXIX. 69. findet, daſs die Elongationswinkel, bei denen die entgegengesetzten Wirkungen sich vollkommen aufheben, für gewöhnliche Pendel 1° 56′,5, für Mercurialpendel 1° 32′ betragen.

Digitized by Google

Um die deswegen erforderliche Correction auf die kürzeste Weise auszudrücken, sey das für Temperatur und Barometerstand corrigirte specifische Gewicht der Luft während des Versuchs $= \mu$, das gleichfalls corrigirte mittlere des Pendels werde als Einheit angenommen, indem das Volumen des letztern zugleich als Einheit für beide gilt und also wegfällt, so ist sehr einfach, wenn die beobachteten und für die bereits angegebenen Einflüsse corrigirten Zeiten, Längen und Schwingungsmengen durch t, L″ und n′, die für den statischen Einfluſs der Luft corrigirten aber durch t′, λ und n″ bezeichnet werden[1],

$$t' = t\ (1 - \mu);$$
$$\lambda = L''(1 + \mu);$$
$$n'' = n'\ (1 + \mu).$$

Es ist hierbei bloſs nöthig, und bisher in der Anwendung auch so angenommen, daſs man bei der Bestimmung der Gröſse μ nur den Barometerstand und die Temperatur zu berücksichtigen habe, weswegen auch bei der (oben unter D) gegebenen Anweisung zur Beobachtung des Pendels die gleichzeitige Untersuchung des Feuchtigkeitszustandes der Luft vermittelst des Hygrometers nicht erwähnt ist. Auſserdem aber hat P. van Galen[2] durch Rechnung gefunden, daſs der Einfluſs des Wasserdampfes in der Luft ganz unmerklich sey und daher füglich vernachlässigt werden könne. Wenn man übrigens das specifische Gewicht der Luft und das mittlere des gebrauchten Pendels beide auf Wasser im Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit nach der oben[3] angegebenen Methode reducirt und hiernach den Werth von μ für den jedesmaligen Barometer- und Thermometer-Stand bestimmt, so lieſse sich aus den dort angegebenen Bestimmungen leicht die Correction wegen des jedesmaligen Hygrometerstandes finden, noch leichter würde dieses jedoch durch unmittelbare Berechnung der hygrometrischen Messung[4]

1 Ist der bei der Bestimmung des spec. Gewichts der Luft angenommene normale Barometerstand = B, der beobachtete = b, die Temperatur bei der Messung = t, das auf 0° Temperatur reducirte spec. Gewicht der Pendelkugel gegen Luft = p, so ist bekanntlich

$$\mu = \frac{b}{B\ (1 + t\ .\ 0{,}00375)\ p}.$$

2 Disputatio mathem. inaug. de Pendulo eiusque adplicatione ad telluris figuram determinandam cet. Amst. 1830. gr. 4. p. 53.

3 Art. *Gewicht, specif.* Bd. IV. S. 1493 ff.

4 Art. *Hygrometer* Bd. V. S. 648.

Digitized by Google

geschehn können, jedoch scheint es mir überflüſsig, die ohnehin weitläufigen Berechnungen der Pendelschwingungen durch diese unmerkliche Correction noch verwickelter zu machen.

Eine ausführliche Erörterung derjenigen Correction, welche daraus folgt, daſs die Bewegung des Pendels zugleich auf alle Massentheilchen der gleichzeitig mit in Bewegung gesetzten Flüssigkeit vertheilt wird, ist durch Bessel[1] mitgetheilt worden. Da sie sehr weitläufige Formeln erfordert und das erhaltene Resultat nach den neuesten Untersuchungen dennoch zweifelhaft bleibt, so begnüge ich mich damit, bloſs die Hauptpuncte anzudeuten, um dadurch zu zeigen, auf welche Weise eine Untersuchung dieser schwierigen Aufgabe anzustellen sey, und verweise übrigens auf die angezeigte Quelle.

Heiſst die Entfernung des Schwerpuncts eines pendelartig um eine horizontale Axe schwingenden Körpers s, seine Masse m, die Summe aller Massentheile in das Quadrat ihrer Entfernung von der Axe multiplicirt $m(\mu + s^2)$, so daſs also $m\mu$ das Moment der Trägheit für den Schwerpunct ist, der Elongationswinkel u, die Länge des einfachen Secundenpendels λ, so hat man nach dem Satze von der Erhaltung der lebendigen Kraft für die Bewegung im leeren Raume die Differentialgleichung für die Geschwindigkeit

$$c = m(\mu + s^2)\left(\frac{du}{dt}\right)^2 - 2\pi^2\lambda . ms . \mathrm{Cos.}\, u.$$

Bewegt sich der Körper in einer Flüssigkeit, so erzeugt zuerst der Stoſs desselben gegen immer neue Theile der Flüssigkeit in jedem Puncte des Raumes einen Verlust von Kraft, also eine Verminderung von c, welche von der Geschwindigkeit der Bewegung und der Form des Körpers abhängt und also durch $\varphi\left(\frac{du}{dt}\right)$ bezeichnet werden kann. Indem sich aber der Körper während des Zeittheilchens dt durch das Raumtheilchen du bewegt, so darf man die Verminderung von c in diesem Zeittheilchen durch $du\,\varphi\left(\frac{du}{dt}\right)$ bezeichnen und nach einem endlichen Zeitintervalle wird sich c in $c - \int du\,\varphi\left(\frac{du}{dt}\right)$ verwan-

---

1 Untersuchungen u. s. w. S. 32 ff. Daraus in Baumgartner's Naturlehre. Supplementband I. S. 301 ff.

deln. Ferner kommt zum zweiten Gliede der Gleichung die Summe aller Theilchen der Flüssigkeit multiplicirt mit dem Quadrate der Geschwindigkeit, also $\int v^2\, dm'$ hinzu. Endlich wird dem dritten Gliede die Summe der Producte des auf jeden Punct der Oberfläche wirkenden, nach der Richtung der Schwere zerlegten Druckes in die Entfernung von der durch die Drehungsaxe gelegten horizontalen Ebene, mit $2\pi^2\lambda$ multiplicirt, hinzugefügt, welche $= 2\pi^2\lambda\, m'\, s'$ Cos. u ist, wenn m′ die verdrängte Flüssigkeit und s′ die Entfernung des Schwerpunctes der Form des Körpers von der Axe bezeichnet. Liegen dann die Schwerpuncte der Masse und der Form des Körpers und die Drehungsaxe in einer Ebene, so ist

$$c - \int du\, \varphi \left(\frac{du}{dt}\right) = m\,(\mu + s^2) \left(\frac{du}{dt}\right)^2 + \int v^2\, dm' - 2\pi^2\lambda\,(ms - m's')\ \mathrm{Cos.}\,u.$$

In dieser Gleichung bezeichnet das erste Glied den Widerstand, welchen die Flüssigkeit gegen das bewegte Pendel ausübt, und welcher nur bewirkt, daſs die Elongationswinkel allmälig abnehmen; für das letzte Glied hat man bisher $s = s'$ angenommen, welches nur dann erlaubt ist, wenn das Pendel aus homogenen Theilen besteht. Am wichtigsten ist das zweite Glied und setzt die vollständige Integration von $v^2\, dm'$ voraus, welche aber nicht zu bewerkstelligen ist, so lange man das Verhalten der Flüssigkeit bei solchen Bewegungen nicht kennt. Lieſse sich annehmen, daſs jedes Theilchen derselben nur so lange in Bewegung bliebe, als sich das Pendel bewegt, so wären die Geschwindigkeiten beider einander proportional und man erhielte

$$\int v^2\, dm' = m' K \left(\frac{du}{dt}\right)^2,$$

worin K eine beständige Gröſse bezeichnet. Die Schwingungszeit würde demnach durch die Integration der Gleichung

$$c = m\left(\mu + s^2 + \frac{m'}{m} K\right)\left(\frac{du}{dt}\right)^2 - 2\pi^2\lambda\,(ms - m's')\ \mathrm{Cos.}\,u$$

erhalten oder das Pendel würde mit einem einfachen von der

$$\text{Länge} = \frac{\mu + s^2 + \frac{m'}{m} K}{s - \frac{m'}{m} s'}$$

Digitized by Google

gleichzeitig schwingen. Bessel gesteht selbst zu, daſs die hierbei zum Grunde liegende Annahme mit der wirklich stattfindenden Bewegung der Flüssigkeit nicht übereinstimme, glaubt jedoch durch eine allgemeine Voraussetzung über die Form dieses Integrals zu dem nämlichen nicht mehr hypothetischen Resultate zu gelangen. Es darf nämlich angenommen werden, daſs der Werth, welchen das Integral allgemein für die Zeit t hat, nach der Vollendung von zwei Schwingungen wiederkehrt, wenn das Pendel so eingerichtet ist, daſs es beim Hin- und Hergange der widerstehenden Flüssigkeit gleiche Flächen darbietet, was wohl ohne Ausnahme der Fall seyn wird. Mit Uebergehung der ausführlichen Untersuchung wird es hier genügen, nur im Allgemeinen zu bemerken, daſs demnach die Länge des einfachen, mit dem in der Flüssigkeit isochronisch schwingenden Pendels

$$= \frac{\mu + s^2 + \frac{m'}{m} K}{s\left(1 - \frac{m' s'}{m s}\right)}$$

gefunden wird. Ob die hiernach hinzugekommene Gröſse K mit der Gröſse der Elongationswinkel sich verändert, muſs sich daraus entnehmen lassen, ob diese durch die gewöhnliche Methode reducirt werden können, und da oben (unter a) gezeigt worden ist, namentlich durch die neuesten Versuche von Sabine, daſs sich die gröſseren Elongationswinkel mindestens ohne merkliche Abweichungen auf verschwindend kleine durch die angegebene Methode reduciren lassen, so wird es unnöthig, diesen Theil der Aufgabe weiter zu berücksichtigen[1]. Besteht das Pendel aus einer an einem Faden aufgehangenen Kugel, so ist die Einwirkung der Flüssigkeit auf die Schwingungszeiten von der Länge des Pendels unabhängig oder das in der von Bessel gewählten bequemen Formel, wonach das in der Luft schwingende Pendel

1 Bessel Untersuchungen S. 54. fand durch seine sehr feinen Versuche, daſs der Werth von K mit abnehmenden Schwingungswinkeln zunimmt. Da man aber die sämmtlichen Winkel auf einen mittlern reducirt, so wird dieses ausgeglichen, wenn nur der Werth von K gehörig bestimmt ist.

Digitized by Google

$$= \frac{\mu + s^2}{s - \frac{m'}{m} s}\left(1 + \frac{m'}{m}\, k\right)$$

ist, vorkommende k hat für verschiedene Längen einen gleichen Werth. Um aber diese bisher ganz vernachläſsigte Gröſse k aufzufinden, stellte Bessel Versuche mit gleichen Pendeln an, bei denen die Kugeln jedoch aus Messing und aus Elfenbein bestanden, damit aus dem Unterschiede der Werthe, welchen k in beiden Fällen haben muſste, der absolute Werth desselben hervorgehn möchte. Als mittlern Werth aus 11 Bestimmungen mit der messingnen Kugel und aus 4 Bestimmungen mit der von Elfenbein ergab sich der Werth von k = 0,9459.

Sind im Allgemeinen Pendelschwingungen in der Luft auf die im leeren Raume zu reduciren, so ist die Länge L″ des einfachen, mit dem in der Luft isochronisch schwingenden, nach der mitgetheilten Formel

$$L'' = \frac{\mu + s^2 + \frac{m'}{m} K}{s\left(1 - \frac{m' s'}{m s}\right)}.$$

Heiſst dann die Länge des einfachen, im leeren Raume schwingenden L, so ist

$$L = \frac{\mu + s^2}{s}.$$

Ist dann $\frac{L}{L''} = M$ und $s' = s$, so ist

$$M = \frac{\mu + s^2}{s} \cdot \frac{s\left(1 - \frac{m'}{m}\right)}{\mu + \frac{m'}{m} K + s^2},$$

und da die Schwingungszeit im leeren Raume $t = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{2L}{g}}$ ist, so wird die corrigirte Zeit

$$t' = \frac{\pi}{2}\sqrt{\left[\frac{2L}{g} \cdot \left(\frac{\mu + s^2}{s} \cdot \frac{s\left(1 - \frac{m'}{m}\right)}{\mu + \frac{m'}{m} K + s^2}\right)\right]},$$

wodurch der Factor gegeben ist, womit man die gefundenen Schwingungszeiten multipliciren muſs. Setzt man hierin

Digitized by Google

$(\mu + s^2)$ k statt K und wird das Quadrat von $\frac{m'}{m}$ vernachlässigt, so erhält man den von Bessel[1] zur Reduction der französischen Pendelversuche angewandten Factor

$$t' = t\left(1 - \frac{m'}{2\,m}(1 + k)\right).$$

Bessel[2] stellte zu gröſserer Vollständigkeit dieser Untersuchungen noch Versuche mit verschiedenen Pendeln, auch mit seinem Reversionspendel an, indem er sie im Wasser schwingen lieſs, wobei sich jedoch ergab, daſs die Gestalt derselben auf die Zeitdauer der Schwingungen einen allerdings merklichen Einfluſs hat, so daſs also seine Behauptung, die Gröſse k sey bei den Pendelschwingungen nicht zu vernachlässigen, vollkommen gerechtfertigt erscheint.

Neuerdings ist dieser Gegenstand theoretisch untersucht worden durch Poisson[3]. Dieser bezieht sich im Allgemeinen auf seine neuesten Untersuchungen über die Capillarität[4] und nimmt an, die Pressungen der Luft in den verschiedenen über einander liegenden horizontalen Schichtungen seyen nicht gleich, wodurch also eine Verminderung der Schwere des Pendels, unabhängig von seiner Gestalt, erzeugt werde. Auſserdem aber wechsele die Dichtigkeit der umgebenden Flüssigkeit in Folge der durch die Bewegung erzeugten Condensationen und Dilatationen, so daſs hiernach gleichfalls eine Verzögerung der Schwingungen entstehn müsse. Der Calcül giebt ihm eine tägliche Verzögerung des einfachen Secundenpendels von 9,39 Schwingungen. Dieses stimmt zwar mit den Resultaten der Versuche nahe genug überein, inzwischen scheint mir die zu suchende Gröſse so vielseitig bedingt und die genaue Bestimmung der mehrfachen Bedingungen so schwierig zu seyn, daſs sie sich schwerlich auf eine andere Weise, als durch unmittelbare Erfahrung mit Sicherheit auffinden läſst.

Hiermit stimmen übrigens die Ansichten einiger der be-

---

1 Untersuchungen u. s. w. S. 59.

2 Ebend. S. 63.

3 Mémoire sur les mouvemens simultanés d'un pendule et de l'air environnant. Paris 1831. In Mém. de l'Acad.

4 Nouvelle théorie de l'action capillaire. Par S. D. Poisson. Par. 1831. 4.

deutendsten Gelehrten überein. Bessel[1] äuſserte nämlich, daſs das einfachste Mittel zu seyn scheine, Pendel in der Luft und im leeren Raume schwingen zu lassen, fürchtet aber, daſs dieses Schwierigkeiten haben würde, welche Zweifel anderer Art erzeugen könnten. Leider hat der scharfsinnige Forscher die Schwierigkeiten nicht näher angegeben, um hiernach zu beurtheilen, ob dieselben wirklich bereits überwunden sind, oder nicht. Allerdings ist die Construction eines hierzu tauglichen Apparats mit groſsen Schwierigkeiten verbunden, welche jedoch durch die Erfindungsgabe des Capt. Sabine und die Geschicklichkeit der ihm zu Gebote stehenden Künstler glücklich überwunden zu seyn scheinen, so daſs die von ihm erhaltenen Resultate bei der bekannten Genauigkeit seiner Experimente allerdings Zutrauen verdienen[2]. Er lieſs nämlich in mehrmals wiederholten Versuchen die nämlichen Pendel in atmosphärischer Luft bei mittlerem Barometerstande, dann in ungleich verdünnter Luft und endlich auch in Wasserstoffgas schwingen und fand als mittleres Resultat, daſs zur Reduction auf den leeren Raum täglich 10,36 Schwingungen hinzu addirt werden müssen, statt daſs die Formel nur 6,26 gab, also 4,1 weniger, wonach also die gewöhnliche Correction im Verhältniſs von 1,655 : 1 zu nehmen seyn würde. Merkwürdig war zugleich, daſs die Verzögerung des Pendels in atmosphärischer Luft zu der im Wasserstoffgas bei gleicher Temperatur und gleichem Drucke sich wie 5,25 : 1 verhielt, statt daſs das Verhältniſs 13 : 1 nach den Dichtigkeiten beider seyn sollte. Diese Abweichung leitet Sabine von einer gewissen Zähigkeit oder Klebrigkeit der Gase ab, inzwischen scheint es mir, daſs sie vielmehr der bei beiden Gasarten gleichen Elasticität und dem hierdurch gröſstentheils bedingten Widerstande derselben beizumessen sey. Auch mit dem bekannten, durch Kater gebrauchten Reversionspendel stellte er diese Versuche an und fand, daſs bei Anwendung der (oben beschriebenen) gröſsern hölzernen Endstücke (*tail pieces*) von 17 Zoll Länge mit dem gröſsern Gewichte oben die täglichen Schwingungen um 16,1 Schwingungen, das gröſsere Gewicht unten aber um 15,7 Schwingungen vermehrt werden

1 Untersuchungen u. s. w. S. 37.

2 Phil. Trans. 1829. p. 207. Früher hat schon Derham Pendel im luftverdünnten Raume schwingen lassen. S. Phil. Tr. No. 294.

Digitized by Google

muſsten. Wurden jene aber mit kleinern, nur 6,4 Zolle langen vertauscht, so betrug die Vermehrung im erstern Falle 14,9, im letztern 12,1 und bei der Anwendung von messingnen, 7 Zolle langen, im ersten Falle 12,8, im letztern nur 11,8 Schwingungen[1]. Wegen der ungleichen Anzahl der zur Correction erforderlichen Schwingungen in den beiden genannten Fällen wiederholte Sabine[2] die Versuche nochmals mit wo möglich vermehrter Genauigkeit und fand bei der Vergleichung der Schwingungsmengen im leeren Raume und in der Luft, daſs die Schwingungen für einen ganzen Tag bei 30 Z. Barometerstand und 57°,3 F. Temperatur um 13,68 vermehrt werden müssen, wenn das gröſsere Gewicht oben hängt, dagegen bei gleichem Barometerstande und 57°,4 F. Temperatur um 12,1 Schwingungen, wenn dasselbe unten hing, weswegen der Schieber auf 1,637 der Scale gestellt werden muſs, wenn das Pendel ein eigentliches Reversionspendel seyn soll.

f) Reduction auf die Meeresfläche.

Die Schwere, welche die Pendelschwingungen bedingt, hat im Niveau des Meeres ihre normale Gröſse und wird daselbst als Einheit angenommen und durch g bezeichnet. Sie nimmt aber der Erfahrung nach ab, wenn man sich über den Spiegel des Meeres erhebt, und zwar den Quadraten der Entfernung proportional, die letztere nach dem Erdhalbmesser, als Einheit angenommen, gemessen[3]. Heiſst daher der Erdhalbmesser r, die Erhebung über den Meeresspiegel h, die Schwere in dieser Höhe g', so ist

$$g = g' \left(\frac{r+h}{r}\right)^2 = g' \left(\frac{r^2 + 2hr + h^2}{r^2}\right),$$

und weil $\frac{h^2}{r^2}$ eine sehr kleine, der Beachtung nicht werthe Gröſse ist, in hinlänglich genähertem Werthe.

$$g = g' \left(1 + \frac{2h}{r}\right).$$

Die Pendel müssen daher in meſsbarer Erhebung über der Mee-

1 Untersuchungen S. 331.

2 Phil. Trans. 1831. p. 470.

3 Einige allgemeine Betrachtungen über dieses Problem von la Place findet man in Ann. de Ch. et Phys. XXX. 381.

Digitized by Google

resfläche langsamer schwingen, oder sie müssen verkürzt werden, wenn sie mit denen im Niveau des Meeres isochronisch schwingen sollen. Heiſsen also die bereits für die übrigen Bedingungen corrigirten Pendellängen und Schwingungszeiten L'' und t', die auf die Meeresfläche zu reducirenden aber λ und t'', so ist in hinlänglich genäherten Werthen, wenn man die Werthe von g und g′ in die Formel für das einfache Pendel setzt,

$$t'' = t'\left(1 - \frac{h}{r}\right) \text{ und } \lambda = L''\left(1 + \frac{2h}{r}\right).$$

Thomas Young[1] bemerkt in dieser Beziehung, daſs bei dieser Correction zugleich die Anziehung der Bergmasse, über welcher die Messungen angestellt werden, zu berücksichtigen sey. Weil aber hierbei sowohl die Form als auch der Inhalt der Berge in Betrachtung kommen, die nicht allezeit bekannt sind, zumal da man meistens nicht wissen kann, ob die Berge bedeutende Höhlungen einschlieſsen, so läſst sich hierüber nicht füglich eine allgemeine Anweisung geben. Young meint indeſs, daſs die Masse des Berges aus der Höhe selbst in genähertem Werthe entnommen werden könne, und werde dann im Mittel dessen Dichtigkeit = 2,5, die der Erde = 5,5 (beides wohl etwas zu groſs) angenommen, so sey für mäſsig steile Berge und für Hochebenen

$$\lambda = L''\left(1 + 0{,}7\,\frac{2h}{r}\right) \text{ und } \lambda = L''\left(1 + 0{,}66\,\frac{2h}{r}\right).$$

Daſs die geognostische Beschaffenheit des Bodens auf die Pendelschwingungen einen merklichen Einfluſs habe, hat insbesondere Sabine schon bei seinen frühern ausgedehnten Pendelmessungen aufgefunden[2], noch neuerdings aber zeigten sich solche örtliche Einwirkungen bei der im Jahre 1827 durch eben diesen Beobachter angestellten Vergleichung der Pendelschwingungen zu Portland-Place (in London) und Greenwich. Es ergab sich nämlich, daſs das Pendel an letzterem Orte täglich 0,48 Schwingungen mehr gab, statt daſs es der Berechnung nach 0,27 weniger geben muſste, so daſs also die Gesammtwirkung der örtlichen Einflüsse daselbst eine Vermehrung von 0,75 Schwingungen täglich betrug[3]. Ein gleiches Resultat geht aus der

1 Phil. Trans. 1819. p. 93.

2 Hierüber und über andere Beobachtungen s. Art. *Erde* Bd. III. S. 910.

3 Phil. Trans. 1829. p. 83.

Pendelmessung hervor, welche Carlini und Plana auf dem Mont Cenis anstellten[1], denn sie fanden die Länge des einfachen Secundenpendels dort = 993,708 Millim., statt daſs sie nach andern genauen Bestimmungen = 993,498 Millim. seyn müſste.

F. Anwendungen des Pendels zum praktischen Gebrauche.

Es ist schon im Anfange dieser Untersuchungen bemerkt worden, daſs das Pendel oder daſs die pendelartigen Schwingungen vielfach angewandt werden und daſs die Construction dieses im Wesentlichen höchst einfachen Apparates nach der jedesmaligen Bestimmung mannigfaltig modificirt wird. Hiernach würde die Zusammenstellung der gesammten Anwendungen desselben von nicht geringem Umfange seyn, wenn sie auf Vollständigkeit Anspruch machen wollte; indeſs scheint mir dieses überflüssig und ich begnüge mich daher mit den wesentlichsten Andeutungen, aus denen sich dann alles Uebrige leicht entnehmen läſst.

a) Einfaches Secundenpendel.

Die Hauptaufmerksamkeit der Physiker ist seit geraumer Zeit und vorzugsweise in den letzten Decennien darauf gerichtet gewesen, die Länge des einfachen Secundenpendels mit gröſster Schärfe aufzufinden, theils um hieraus die Schwere unter den verschiedenen Breitengraden und somit die Gestalt der Erde auszumitteln, theils um jene für irgend einen Breitengrad oder vielmehr irgend einen Hauptort genau bestimmte Gröſse als Norm für ein geregeltes Maſssystem zu benutzen oder mindestens beide mit einander zu vergleichen. Was in beiden Rücksichten bisher geleistet wurde, ist in der Hauptsache bereits mitgetheilt worden[2], und es bleibt daher hier nur noch übrig, diejenigen Apparate etwas näher anzugeben, deren man sich zu diesem Zwecke bedient hat.

Da man nach den (unter C) mitgetheilten Bestimmungen die Längen und Schwingungszeiten verschiedener Pendel leicht und

---

1 Effemeride di Milano 1824. App. p. 28.

2 S. Art. *Erde* Bd. III. S. 879. und Art. *Maſs* Bd. VI.

Digitized by Google

mit absoluter Genauigkeit auf einander zu reduciren vermag, so ist es unnöthig, die Pendel gerade so zu construiren, daſs sie genau 86400 Secunden während eines Tages, sey es nach Sternenzeit, oder, was gewöhnlicher ist, nach mittlerer Sonnenzeit, schwingen, auch würde diese Aufgabe fast unmöglich, auf jeden Fall schwieriger seyn, als das ganze Problem der Pendelmessung. Man begnügt sich vielmehr damit, die Länge eines gegebenen Pendels genau zu messen und aus der Anzahl seiner Schwingungen die Länge des einfachen Secundenpendels für den gegebenen Ort abzuleiten, oder man läſst das nämliche Pendel an verschiedenen Orten schwingen und bestimmt den Unterschied der Schwere aus den ungleichen Mengen seiner Schwingungen. Im letztern Falle ist es unnöthig, die absolute Länge des gebrauchten Pendels zu kennen, jedoch hat man gerade hierauf in den neuesten Zeiten die meiste Mühe verwandt. Weil es übrigens nicht hinreichendes Interesse gewähren kann, die gesammten einzelnen Versuche zur Auflösung dieses Problems und die vielfach abgeänderten Constructionen der Pendel zu beschreiben, so beschränke ich mich darauf, nur die drei wesentlichsten Arten solcher Pendel näher zu bezeichnen.

1) Das erste gemessene Secundenpendel war von einfachster Form und bestand aus einem dünnen Faden mit daran hängender Kugel von Blei oder gewöhnlicher von Messing. Eines solchen bediente sich schon Galileo Galilei[1] nach seinen ersten Beobachtungen der im Dome zu Pisa oscillirenden Kronleuchter, Huyghens[2] aber bestimmte vermittelst eines solchen den Fallraum in einer Secunde zu 15 par. Fuſs und 1 Z., indem er zugleich den dritten Theil desselben als allgemeines Normalmaſs einzuführen vorschlug. Später bemühte sich de Mairan[3], die Länge des Secundenpendels für Paris genau zu messen, Bouguer[4] verglich die Pendellängen unter dem Aequator und zu Paris. Der Faden zu diesen Pendeln wurde der Feinheit, Gleichförmigkeit und geringen Elasticität wegen zu-

1 Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove Scienze attinenti alla Meccanica cet. Disc. I. in Opere; Fiorenze 1718. 4. III Tom. 4. T. II. p. 538. T. III. p. 171 u. 419.

2 Horologium oscillatorium. In opp. var. ed. s'Gravesande. L. Bat. 1724. IV T. 4. T. I. p. 87.

3 Mém. de l'Acad. de Par. 1735. p. 273.

4 Figure de la terre p. 342.

weilen von einer Aloe (*agave americana*) genommen (*fils the pite*) und man nannte sie daher *Pitt-Pendel*; weil sie aber nicht anhaltend in der verticalen Fläche schwingen, sondern zuweilen mehr oder weniger rotiren, so untersuchte Clairaut[1] den Einfluſs dieser Bewegung auf die Pendellängen. Der nach de Mairan's Methode construirten Pendel bediente sich auch Godin[2] auf Domingo, Graham in London und Campbel auf Jamaica, jedoch bestand dieser Graham'sche Apparat aus einer kupfernen Kugel an einem feinen Kupferdrahte[3]. Bouguer und Condamine gebrauchten auſser der Kugel ein Gewicht aus zwei mit ihren Grundflächen vereinten abgestumpften Kegeln[4], stellten mit beiden und dem später zu erwähnenden unveränderlichen Pendel eine Menge Messungen an verschiedenen Orten der äquatorischen Zone an und lieſsen unter dem Aequator die dort gefundene Länge des einfachen Secundenpendels = 439,21 par. Lin. in ein steinernes Monument hauen[5]. Auch die von Darquier[6] zu Toulouse gemessene Pendellänge gehört unter die bekanntesten ältern, eben so wie die wegen des Luftwiderstandes nicht corrigirte von Jacquier[7] für Rom gefundene Bestimmung von 39,0974 engl. Zollen.

Bouguer[8] ist wohl der erste, welcher die Idee des unveränderlichen Pendels aus der bekannten Beobachtung von Richer entnahm, daſs dessen Uhrpendel auf Cayenne langsamere Schwingungen machte, und welcher diese Construction auf das einfache Mairan'sche Pendel anwandte. Diese unveränderlichen Pendel wurden an jedem einzelnen Beobachtungsorte nach einem genauen Maſsstabe hergestellt und aus der Zahl ihrer Schwingungen berechnete man demnächst die dem Orte zugehörige Länge des einfachen Secundenpendels. Die ältesten

---

1 Mém. de l'Acad. de Paris 1735. p. 382. Eine allgemeine Untersuchung der Curven, worin solche Pendel schwingen, von Mollweide findet man in G. XXIX. 194.

2 Mém. de l'Acad. 1734. p. 682.

3 Phil. Trans. 1734. p. 302.

4 Mém. de l'Acad. 1735. p. 705 ff.

5 Mém. de l'Acad. 1747. p. 515. Condamine Journ. d'un Voyage cet. p. 99 u. 162.

6 Observations astronomiques faites à Toulouse. Par. 1782. p. 219.

7 Newton Phil. nat. princ. math. ed. Jacquier et Le Seur. T. I. p. 115.

8 Figure de la terre p. 338.

Digitized by Google

Beobachter gebrauchten daher entweder das Mairan'sche veränderliche oder das Bouguer'sche unveränderliche oder meistentheils beide in ihrer ursprünglichen Einfachheit. Unter andern geschah dieses durch Jorge Juan und Antonio de Ulloa [1] unter dem Aequator und zu Quito, durch la Caille [2] auf dem Cap, durch le Gentil [3] zu Pondicheri, beide indem sie die Länge des Pendels in Paris als Einheit annahmen, und durch Lulof [4] zu Leiden. Des Mairan'schen Pendels bedienten sich auſserdem hauptsächlich Grischow [5] an verschiedenen Orten des russischen Reichs, Mallet [6] zu Petersburg und Ponoi in Lappland und Rumowski [7] in einigen hoch nördlichen Gegenden. Alle diese Versuche sind ihrer Zeit zur Bestimmung der Erdgestalt benutzt worden. Wenn ich indeſs die minder bekannt gewordenen Untersuchungen über die Construction solcher Pendel übergehe, so verdienen v. Zach's [8] Bemühungen noch kurz erwähnt zu werden. Um nämlich die Pendelversuche möglichst zu vervielfältigen, schlug er einen leicht zu transportirenden und überall an einer festen Wand leicht anzuheſtenden Apparat vor, an welchem das Pendel durch Einklemmung des Aloefadens aufgehangen werden sollte. Statt der Kugel wählte er die mit ihren Grundflächen vereinten abgekürzten Kegel von Silber, oben und unten mit einem Schräubchen versehen, um den Faden festzuklemmen und zugleich den oscillirenden Körper umzukehren. Durch das Zusammenfügen der Kegel entstand eine scharfe Schneide, welche beim Oscilliren des Pendels auf einer hintern polirten und mit einer dünnen Lage von Lampenruſs bedeckten messingnen Tafel eine feine Linie zeichnete, deren Abstand vom Suspensionspuncte dann die Länge unmittelbar geben sollte, mit Rücksicht auf den Schwingungspunct, welcher bei dem

---

1 Observaciones astronomicas hechas de Orden de S. Mag. en as reynos del Peru. En Madrid 1748. p. 334.

2 Mém. de l'Acad. 1751. p. 436. 1754. p. 108.

3 Voyage dans les mers de l'Inde. Par. 1751. T. I. p. 453. T. I. p. 327.

4 Verhand. der Haarl. Maatsch. T. III. p. 419.

5 Nov. Comm. Pet. T. VII. p. 449.

6 Ebend. XIV. P. II. p. 28. Phil. Trans. 1770. p. 365.

7 Nov. Comm. Pet. T. XI. 474. T. XVI. 575.

8 Bode Samml. astron. Abhandl. Erster Suppl. Bd. Gotha 1793. S. 173. Daraus in Lichtenberg Mag. IX. I. S. 142.

durch v. Zach construirten Probependel 0,018 par. Lin. unter dem Schwerpuncte lag. Die Längenmessung endlich wurde mit einem Stangen-Cirkel angestellt, woran eine Ramsden'sche Mikrometerschraube bis 0,01 par. Lin. zu messen erlaubte. Mit diesem Apparate wurde die Länge des einfachen Secundenpendels zu Gotha für mittlere Sonnenzeit = 440,693 par. Lin. bestimmt. Allerdings ist dieser Apparat sinnreich construirt, indeſs ergiebt sich zugleich, wie viel weiter die Technik zur Herstellung so feiner Instrumente in unsern Zeiten vorgerückt ist.

In höchster Vollendung wurde de Mairan's Pendel hergestellt und zur Bestimmung der Länge des einfachen Secundenpendels benutzt durch de Borda [1] und Cassini. Um kleinere Abweichungen leichter zu beseitigen, machte de Borda dasselbe 12 Fuſs lang, wählte eine Kugel von Platin an einem sehr dünnen metallenen Faden, hing dieses an einer Messerschneide über Achatplatten auf, deren horizontale Lage genau nivellirt wurde, auch konnte die Messerschneide vermittelst eines Gegengewichts an einer Schraube so balancirt werden, daſs sie mit dem Pendel isochronisch oscillirte, und die Mengen der Schwingungen wurden vermittelst der Coincidenzen gezählt, endlich wurde eine nivellirte Stahlplatte mikrometrisch bis zur Berührung mit der untern Fläche der Kugel erhoben, um die Länge des Pendels mit gröſster Genauigkeit zu messen. Aus zwei von de Borda zu Paris gebrauchten Pendeln folgt im Mittel die Länge des einfachen Secundenpendels daselbst = 0,993856463 Meter. Solcher nach de Borda construirter Pendel, deren Länge jedoch mit der des Meters sehr nahe zusammentraf, bedienten sich nachher Biot und Arago bei ihren Messungen in Frankreich, welche Biot später nördlich bis Unst und östlich bis Fiume ausdehnte [2], Duperrey [3] und Freycinet [4] sowohl in Frankreich, als auch auf ihren Entdeckungsreisen, und mehrere

---

1 Base du Système métrique. T. III. p. 337. Vergl. Delambre Astronomie théorique et pract. T. III. p. 580.

2 Recueil d'observations géodésiques cet. par Biot et Arago. Par. 1821. auch T. IV. der Base métrique genannt; Biot in Mémoires de l'Academie roy. des Sc. Année 1825. T. VIII. p. 1 ff.

3 Conn. des Tems. 1826. p. 280. und 1830. Add. p. 83.

4 Freycinet Voyage autour du monde. Par. 1825. Observations du pendule. 1826. p. 25.

Digitized by Google

französische Gelehrte. Auch Carlini und Plana[1] bedienten sich bei ihrer Messung auf dem Mont Cenis dieses Borda'schen Pendels, mit der Abänderung, daſs sie den Silberfaden nicht vermittelst einer Hülse (*calotte*) in der Kugel befestigten, sondern ihn durch dieselbe steckten und mit einem Knoten befestigten, auch vertauschten sie die Messerschneide mit einem sehr feinen Cylinder, maſsen dann die Länge des Fadens vom Aufhängepuncte desselben bis zu seinem Eintritte in die Kugel und den Durchmesser der letztern vermittelst eines stark vergröſsernden Mikroskopes und eines Mikrometers. Mit einem von Lenoir verfertigten, durch Brisbane nach Neuholland gebrachten Borda'schen Pendelapparate endlich maſs Rümker[2] 1827 die Länge des einfachen Secundenpendels zu Paramatta unter 33° 48′ 49″,79 S. B. und fand diese = 992,405488 Millimeter.

2) Die Uebersicht der vielen, oben bereits erörterten Schwierigkeiten, welche einer ganz scharfen Messung der Länge des einfachen Secundenpendels im Wege stehn und sich nur durch die höchste Sorgfalt beim Experimentiren, verbunden mit ausführlichen Corrections-Rechnungen, beseitigen lassen, führte auf die Idee, mehrere jener Schwierigkeiten dadurch zu umgehn, daſs die Länge des Versuchspendels nicht unmittelbar, sondern daſs nur der Längenunterschied zweier ungleich langer Pendel gemessen würde, um aus den Schwingungszeiten beider die Schwingungszeiten eines diesem Unterschiede an Länge gleichen Pendels zu finden, woraus dann bei genau gegebener Länge und Schwingungszeit dieses bloſs durch Rechnung gefundenen Pendels die Länge des einfachen Secundenpendels leicht zu entnehmen war. Es ist bereits oben[3] erwähnt worden, daſs zuerst Hatton diese Idee angab und Whitehurst sie in Aus-

---

1 Effemeride di Milano 1824. App. p. 28.

2 Transact. of the Roy. astronom. Soc. T. III. P. II. p. 277. Nach einer spätern Prüfung des gebrauchten Maſsstabes würde diese gefundene Länge merklich gröſser werden, allein es ist kaum glaublich, daſs ein solcher Unterschied sollte stattgefunden haben. S. Phil. Trans. 1829. P. III. p. 151. Auſserdem stimmt der erhaltene Werth sehr genau mit andern Messungen unter ähnlichen Polhöhen überein. In der Tabelle ist die endliche Bestimmung von Brisbane aufgenommen.

3 Art. *Maſs* Bd. VI.

Digitized by Google

führung brachte, auch hat später v. Zach[1] einen solchen Apparat für die Sternwarte auf Seeberg verfertigen lassen; allein es scheint, daſs die Technik damals noch nicht weit genug vorgerückt war, um so feine Apparate in genügender Vollendung herzustellen[2], denn v. Zach findet die Vorrichtung zu sehr zusammengesetzt und auf Reisen insbesondere nicht brauchbar, obgleich die Construction eines solchen Pendels keine gröſsern Schwierigkeiten als die des Mairan'schen darbieten kann. Es ist mir indeſs nicht bekannt, daſs jener Vorschlag später von irgend jemand in Anwendung gebracht worden sey, bis in den neuesten Zeiten Bessel denselben für die Bestimmung der Pendellänge zu Königsberg benutzte. Der oben erwähnte, hierzu gebrauchte Apparat ist allerdings ein ganz anderer als derjenige, wozu Hatton und Whitehurst die rohe Idee angaben, er wurde vielmehr in höchster Vollendung durch den geübten Repsold verfertigt und die Art seines Gebrauches beurkundete die umfangendste Kenntniſs der hierbei in Betrachtung kommenden physikalischen Gesetze und die ausgezeichnetste Fertigkeit in der Kunst des Experimentirens. Bessel's Untersuchungen und Messungen gehören daher unter die vorzüglichsten, welche die neueste Zeit im Gebiete der Naturforschung aufzuweisen hat. Inzwischen läſst sich zugleich nicht in Abrede stellen, daſs ein solcher Apparat hauptsächlich nur dazu geeignet ist, um an Hauptstationen die absolute Länge des einfachen Secundenpendels aufzufinden; sollen dagegen die relativen Pendellängen an verschiedenen Orten der Erde, namentlich auf Reisen, bestimmt werden, so gewährt das unveränderliche Pendel in dieser Beziehung die leichtesten und sichersten Resultate.

3) Bouguer's Vorschlag, das Mairan'sche Pendel als ein unveränderliches zu Versuchen anzuwenden, wurde durch Condamine[3] verbessert, indem er eine eiserne Stange mit einer Linse von Blei vermittelst der Messerschneide auf stählernen Cylindern als unveränderliches Pendel schwingen lieſs.

---

1 Bode Samml. astr. Abh. 1. Suppl. Bd. S. 175.

2 Whitehurst hat indeſs mit seinem Pendel sehr genau gemessen. Nach Troughton fand er nämlich die Länge des einfachen Secundenpendels nach den erforderlichen Correctionen = 39,13916 bei 62° F., welches von Kater's Bestimmung = 39,1386 engl. Zollen nicht merklich abweicht. S. Edinb. Phil. Journ. I. 75.

3 Journal du Voyage cet. Par. 1751. p. 144.

Mit solchen Pendeln, wobei man in den meisten Fällen die schon durch ihren Gebrauch bekannt gewordenen zu erhalten suchte, wurden an verschiedenen Orten der Erde Versuche angestellt, indem man sich ihrer entweder allein oder in Verbindung mit dem Mairan'schen bediente. Dieses geschah hauptsächlich durch Condamine[1] selbst an verschiedenen unter dem Aequator oder in geringem Abstande von demselben liegenden Orten, durch Maupertuis[2] unter dem nördlichen Polarkreise mit einem von Graham verfertigten unveränderlichen Pendel, durch la Caille[3] zu Paris und auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung mit einem Pendel von dem nämlichen Künstler, insbesondere aber durch die Petersburger Akademiker an vielen Orten unter höhern Breiten. Unter die bekanntesten Messungen dieser Art gehören die von Grischow[4], welcher sein Graham'sches, aus einer fast 26 par. Zolle langen stählernen Stange mit einer Linse von 5,66 Zoll im Durchmesser bestehendes Pendel von la Caille bekommen hatte, zu Petersburg, Arensberg, Pernaw, Dorpat und Reval, die von Mallet[5] mit dem durch de la Lande erhaltenen Pendel Condamine's zu Petersburg und Ponoi in Lappland, desgleichen durch Rumowski[6] mit eben diesem zu Seleginsk, Archangel und Kola. Diese Pendel wurden zugleich mit einem Zeigerwerke versehn, um die Anzahl der Schwingungen zu zählen, was sie jedoch keineswegs vorzüglicher macht. Endlich sind hierhin auch die zahlreichen Beobachtungen Malespina's an verschiedenen Orten der neuen Welt unter höhern und niedern Breiten zu rechnen, welche mit einem unveränderlichen, aber leider nur aus einer tannenen Stange verfertigten Pendel angestellt und von den vielen unschätzbaren, mit groſsem Unrecht unterdrückten Resultaten jener Reise durch Jabbo Oltmanns[7] der Vergessenheit entrissen sind.

In gröſster Vollendung wurde das unveränderliche Pendel,

---

1 Mém de l'Acad. 1745. p. 476.

2 Mém. de l'Acad. 1737. p. 465.

3 Mém. de l'Acad. 1751. p. 436. 1754. p. 108.

4 Nov. Comm. Pet. T. VII. p. 449. 465. 495. 514.

5 Ebend. T. XIV. P. II. p. 28. Collectio omnium observat., quae occasione transitus Veneris cet. institutae sunt. Petrop. 1770.

6 Nov. Comm. Pet. T. XI. p. 474. T. XVI. p. 575.

7 Crelle's Journ. für die reine und angewandte Math. Berlin 1829. Th. IV. S. 72.

Digitized by Google

zugleich als Reversionspendel, durch Capt. Kater so dargestellt, wie dasselbe bereits oben (unter B. d.) nach seinen wesentlichsten Theilen beschrieben worden ist, so daſs man seit dieser Zeit unter dem Ausdrucke *unveränderliches* oder *Kater'sches Pendel* nur dieses zu verstehn pflegt. Der Vorzug desselben besteht hauptsächlich in seiner Dauerhaftigkeit, indem die meisten nach langem Gebrauche auf weiten Reisen bei einer spätern Vergleichung am ursprünglichen Beobachtungsorte nicht einmal um eine einzige Schwingung während 24 Stunden abzuweichen pflegten, auch überheben sie den Beobachter der mühsamen Berechnung einiger der angegebenen Correctionen, namentlich der Aufsuchung des Mittelpunctes der Schwingung und der geometrischen Schwingungsaxe, wenn beide Schneiden zum Verwechseln eingerichtet sind. Insbesondere aber übersieht man bald, wie sicher und leicht es verhältniſsmäſsig ist, mit diesem Pendel bei seiner dauerhaften Unveränderlichkeit nach einmaliger genügender Regulirung vergleichbare Messungen an verschiedenen Orten der Erde anzustellen, die alsdann bloſs der Correctionen wegen des Elongationswinkels, der Temperatur und der Erhebung über die Meeresfläche bedürfen, indem selbst der Widerstand der Luft bei ungleichem Drucke und verschiedener Wärme auf die bloſs mit einander zu vergleichenden Resultate keinen merkbaren Einfluſs haben kann. Ganz etwas anderes ist es aber, wenn an einem gegebenen Orte vermittelst desselben die absolute Länge des einfachen Secundenpendels bestimmt werden soll, und in dieser Beziehung hat namentlich Bessel nachgewiesen, daſs die Messung desselben manchen Bedingungen unterliegt, deren Einfluſs man gemeiniglich nicht für so bedeutend zu halten pflegt. Der geringe Einfluſs, welchen die cylindrische Form der Messerschneide hat, verschwindet von selbst, wenn beide Schneiden einander ganz gleich sind[1], und es läſst sich von der Fertigkeit der ausgezeichneten Künstler, welche solche Apparate verfertigen, mit Grunde erwarten, daſs sie dieses allezeit bis auf einen verschwindenden Unterschied erreichen, auſserdem aber kann jeder hieraus entspringende Fehler ganz beseitigt werden, wenn man die Messer-

---

1 Bessel's Untersuchungen S. 73. Vergl. Poisson in Connaiss. des tems 1833. Add. p. 41.

Digitized by Google

schneiden verwechselt und zwei Reihen von Versuchen, die eine vor, die andere nach der Verwechselung, anstellt.

Ungleich schwerer ist es dagegen, den Widerſtand der Luft zu corrigiren, dessen Bedeutsamkeit sowohl aus den erwähnten Untersuchungen von Bessel, als auch noch mehr aus den Versuchen von Sabine hervorgeht, indem nach den letztern die absolute Länge des einfachen Secundenpendels allerdings eine nicht unbedeutende Aenderung erhalten würde. Um auch diese Correction zu umgehn, bringt Bessel[1] folgende sinnreiche Construction des Reversionspendels in Vorschlag. Dasselbe müſste eigentlich der äuſsern Figur nach symmetrisch seyn, und da es dieses der Masse nach nicht seyn darf, so wäre die metallene Stange mit zwei gegen diese gleichmäſsig gerichteten, ganz gleichen Linsen zu versehn, deren eine hohl seyn, die andere dagegen mit Blei ausgefüllt werden müſste, wodurch also der Einfluſs der Luft bei gleicher Temperatur und Dichtigkeit derselben wegfiele und nur in Beziehung auf Aenderungen dieser letztern eine unbedeutende Correction erfordern würde. Die bereits angegebene Verwechslung der Schneiden bleibt auch für dieses Pendel erforderlich, auſserdem aber hält Bessel es für besser, das bewegliche Gewicht ganz wegzulassen und das Pendel so zu construiren, daſs es in der Luft auf beiden Schneiden gleichzeitige Schwingungen macht, welches dadurch erreicht werden kann, daſs man die Stange anfangs etwas zu lang macht und sie dann an beiden Seiten symmetrisch so lange verkürzt, bis die Schwingungszeiten vor und nach der Umkehrung nahe gleich sind. Das bewegliche Gewicht soll dann wegbleiben, allein es scheint mir, daſs man dasselbe nur so klein machen dürfe, daſs sein übriger Einfluſs verschwindet, und es gerade nur hinreicht, um die Gleichheit der Schwingungszeiten auf beiden Messerschneiden vollständig zu erreichen.

Der hier erwähnten Construction ist diejenige sehr ähnlich, welche Carlini[2] in Vorschlag gebracht hat, zunächst um den Einfluſs der ungleichen Dichtigkeit der Luft auf die Pendelschwingungen zu corrigiren, welcher nach seiner Berechnung bis auf eine Zeitsecunde binnen 24 Stunden steigen kann. Der

1 Untersuchungen u. s. w. S. 96.

2 Brugnatelli Giorn. di fis. chim. etc. 5 bim. 1825. p. 338.

Digitized by Google

Widerstand der Luft wird nämlich die Schwingungen im Verhältniſs der Dichtigkeit dieses widerstehenden Mittels verzögern, indem für die Dichtigkeiten D und δ die beschleunigende Kraft der Schwere $g' = g\left(1 - \frac{\delta}{D}\right)$ wird, wenn die Linse unter der Umdrehungsaxe hängt. Man soll daher das Pendel mit zwei Linsen versehn, die eine unter und die andere über der Umdrehungsaxe. Heiſst dann das Volumen der untern V, ihre Dichtigkeit D und ihr Abstand von der Umdrehungsaxe y, bezeichnen dagegen v, d und x eben diese Gröſsen für die obere und nennt man L die Länge des einfachen im leeren Raume schwingenden Pendels, die veränderliche Dichtigkeit der Luft aber δ, so ist

$$L = \frac{y^2 D V + x^2 d v}{y(D-\delta) V - x(d-\delta) v},$$

und der Einfluſs der veränderlichen Dichtigkeit wird wegfallen, wenn die beiden die Gröſse δ enthaltenden Factoren sich gegenseitig aufheben, oder wenn $yV = xv$ wird, d. h. wenn die Volumina der Linsen ihren Abständen von der Drehungsaxe umgekehrt proportional sind. Es scheint als ob dieses Resultat von der Dichtigkeit der Linsen ganz unabhängig sey, allein für $D = d$ wird der Nenner $= 0$, und beide Gröſsen müssen daher sehr ungleich seyn, damit die beschleunigende Kraft der Schwere eine nur geringe Aenderung erleidet; auſserdem aber muſs das Verhältniſs der Gröſsen y und x so gewählt werden, daſs das Pendel keine unförmliche Gestalt erhält. Carlini schlägt daher vor, $x = 0{,}1\,y$ zu nehmen, für welchen Fall dann die obere Linse aus Holz bestehn oder noch besser eine hohle metallene seyn müſste[1].

Eine vollständige Theorie des Reversionspendels nach den in Poisson's Mechanik enthaltenen Gesetzen hat Lubbock[2] mitgetheilt und darin die Fehler nachgewiesen, welche bei unrichtiger Construction desselben entstehn, ohne jedoch den so eben erörterten störenden Einfluſs der Luft zu berücksichtigen. Hiernach erzeugt eine Abweichung der Messerschneiden im Azimuth keinen merklichen Fehler, dagegen giebt eine Abwei-

1 Ueber den Einfluſs der verdichteten Luft auf den Gang der Chronometer s. Harvey in Phil. Trans. 1824. P. II. p. 372 ff.

2 Phil. Trans. 1830. p. 201.

chung von einem Grade in der Höhe eine tägliche Vermehrung der Schwingungen um 3, und eine Abweichung von der Horizontalität der Achatplatten im Betrage von 10 Minuten giebt sogar eine Vermehrung von 6 Schwingungen täglich; beide Fehler verlängern also den Abstand beider Messerschneiden von einander, wenn diese als das richtige Maſs des einfachen Pendels gelten soll. Zugleich hat er auch gefunden, daſs man die Achatplatten am Pendel befestigen und auf einer Messerschneide des Gerüstes schwingen lassen könnte, in welchem Falle der Abstand der Platten die gesuchte Länge geben würde.

Das Kater'sche Reversionspendel ist vorzüglich von den Engländern in Anwendung gebracht worden, theils um die absolute Länge des einfachen Secundenpendels aufzufinden, theils um die Abplattung der Erde zu bestimmen. Unter die vorzüglichsten Bemühungen dieser Art gehören insbesondere die ersten Beobachtungen von Kater selbst, theils zur Auffindung der absoluten Länge des einfachen Secundenpendels[1], theils zur Messung der Pendellängen an allen Hauptstationen der bekannten englischen Gradmessung[2]. Noch ungleich häufiger hat sich Sabine desselben bedient, sowohl zu seinen gröſstentheils schon erwähnten Versuchen zu London, als auch insbesondere zu seinen Messungen der Pendellängen an verschiedenen Orten der Erde, zu welchem Zwecke noch auſserdem eine Menge oben[3] bereits genannter Gelehrten die von dem *Board of Longitude* zu London angeschafften Pendel benuzt haben. Nachträglich theile ich daher hier nur die mir später bekannt gewordenen wichtigern Messungen mit. Dahin gehören vorzüglich die durch Foster[4] zu Port-Bowen, welcher die Länge des einfachen Secundenpendels zu Greenwich = 39,13911, zu Port-Bowen = 39,203468 engl. Zolle fand und hieraus die unter dem Aequator = 39,009797 engl. Zolle der Scale von Shuckburgh ableitet. Ferner maſsen Svanberg und Cronstrand[5] die

1 Phil. Trans. 1818. p. 87.

2 Ebend. 1819. p. 330 u. 416. Edinb. Phil. Journ. N. IV. p. 319.

3 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 879 ff.

4 Journal of a third Voyage for the discovery of a North-West passage cet. of Capt. W. E. Parry. Lond. 1826. 4. App. Vergl. Phil. Trans. 1826. P. IV. p. 62.

5 Stockholmer Denkschr. 1825. 1. Daraus in Journ. of the Roy. Instit. XLIII. 152.

Digitized by Google

Länge des einfachen Secundenpendels auf dem Observatorium zu Stockholm unter 59° 20′ 43″ N. B. und fanden diese auf den leeren Raum und den Meeresspiegel reducirt = 39,165414 engl. Zolle.

Unter die wichtigsten Anwendungen desselben gehören die Messungen, welche Fearon Fallows[1], Director der Sternwarte auf dem Vorgebirge der guten Hoffnung, in Verbindung mit Capt. Ronald und Lieutenant Johnson dort anstellte. Das gebrauchte Exemplar war das Nr. 4. bezeichnete, von Jones in London verfertigte und von Sabine und Kater zu Portland-Place mehrfach geprüfte. Die erforderlichen Correctionen sind nicht bloſs durch die Beobachter vorgenommen worden, sondern auch durch Sabine, die Resultate stimmen hiernach genau darin überein, daſs das Secundenpendel in London täglich 86164,64, auf dem Cap unter 33° 55′ 56″ S. B. aber 67,12 Schwingungen weniger, also 86097,52 Schwingungen macht. Die Länge des Kater'schen Normalpendels für Portland-Place unter 51° 31′ 8″,4 N. B. ist aber = 39,13908 engl Zolle, mithin ist die Länge des einfachen Secundenpendels auf dem Cap unter der angegebenen S. B., wenn sie nach der oben unter C. angegebenen Formel aus den Schwingungen berechnet wird, = 39,07813 engl. Zolle. Auf gleiche Weise erhielt Schumacher das zu Greenwich unter 51° 28′ 40″,4 N. B. probirte Pendel Nr. 12, um dessen Schwingungen zu Altona zu zählen. Nach allen Reductionen fand sich, daſs dasselbe am erstern Orte 85969,77, am letztern aber 85979,1 Schwingungen machte, folglich am letztern 9,33 Schwingungen täglich mehr; mithin ist die auf gleiche Weise gefundene Pendellänge für Altona unter 53° 32′ 45″,27 N. B. = 39,14757 engl. Zolle.

Bei weitem die bedeutendsten unter den Pendelmessungen der neuesten Zeit sind aber diejenigen, welche auf der russischen Entdeckungsreise unter Capt. Luetke angestellt wurden[2]. Hierzu wurde ein in London verfertigtes, vor und nach der Reise zu Greenwich geprüftes Kater'sches Reversionspendel verwandt, welches nach den erforderlichen Correctionen folgende auf den Meeresspiegel und die in England übliche Normaltemperatur von 62° F. reducirte Länge in engl. Zollen gab.

---

1 Phil. Trans. 1830. p. 153.

2 Mém. de l'Acad. de Petersb. 1830.

Digitized by Google

Orte.	Polhöhen.				Längen.
Ualan	5°	21′	16″	n	39,02756
Guahan . . .	13	26	21	n	39,03242
St. Helena . .	15	54	59	s	39,03933
Boni	27	4	12	n	39,06980
Valparaiso . .	33	2	30	s	39,07533
London . . .	51	31	8	n	39,13929
St. Peter und Paul	53	0	53	n	39,14838
Sitka	57	2	58	n	39,15810
St. Petersburg .	59	56	31	n	39,16950

Nach Luetke weichen die Messungen zu Greenwich, Petersburg, St. Peter u. Paul, Valparaiso und Boni höchstens um 0,1 Schwingungen täglich, die zu Sitka und Ualan um 0,25 und die zu Guahan und St. Helena höchstens um 0,5 Schwingungen täglich von der Wahrheit ab.

Wenn von der Länge des einfachen Secundenpendels die Rede ist, so muſs vor allen Dingen Folgendes berücksichtigt werden. Huyghens, der eigentliche Erfinder des Pendels, glaubte, das Secundenpendel sey an allen Orten der Erde von ganz gleicher Länge, allein Newton[1] zeigte richtig, daſs die Längen an verschiedenen Orten sich wie die Schweren verhalten müſsten. Wäre demnach die Länge desselben unter einer gewissen Polhöhe, wozu man in der Regel die unter dem Aequator anzunehmen pflegt, und die Abplattung der Erde, mithin auch die Zunahme der Schwere nach dem Pole hin mit völliger Genauigkeit bekannt, so könnten hieraus die Pendellängen für jeden Ort scharf berechnet werden; allein keine dieser beiden Bestimmungen genügt denjenigen Anforderungen, welche man gegenwärtig an solche Messungen macht, und man hat daher vielmehr den umgekehrten Weg gewählt, nämlich durch die genauesten Messungen an verschiedenen Orten sowohl die Pendellänge unter dem Aequator, als auch die Zunahme der Schwere nach den Polen hin auszumitteln. Daſs die letztere den Quadraten des Sinus der Breite proportional sey, also $= y \text{ Sin.}^2 \varphi$, wenn φ die Polhöhe bezeichnet, unterliegt keinem Zweifel[2], allein der beständige Coefficient y muſs durch Versuche aufgefunden werden, und da diese insgesammt mit Beobachtungsfehlern,

1 Phil. nat. Princ. math. L. III. prop. 20.
2 Vergl. Art. *Schwere.*

gröſsern oder geringern, bis zu verschwindend kleinen, behaftet sind, örtliche Einflüsse auf die gemessenen Pendellängen nicht zu rechnen, so begreift man leicht, daſs die Bestimmung des beständigen Coefficienten y hiernach verschieden ausfallen muſs.

Die wichtigste unter den verschiedenen Bestimmungen von y ist wohl diejenige, welche Sabine aus allen seinen vielen Messungen entnommen hat[1], wonach in englischem Maſse die Länge des einfachen Secundenpendels unter dem Aequator auf den leeren Raum und den Meeresspiegel reducirt = 39,01520 engl. Zolle und y = 0,20245 Z. seyn soll. Diese betragen in französischen Linien der Toise von Peru 439,2984 und 2,27952 par. Linien[2]. An Umfang und Wichtigkeit kommen diesen nahe die Messungen, welche auf der Entdeckungsreise des Capt. L. de Freycinet angestellt, nachher berechnet und mit andern frühern und auch spätern in einem ausführlichen Werke zusammengestellt wurden[3]. Da das Ganze später in der demnächst zu erwähnenden groſsen Abhandlung von Biot über diesen Gegenstand benutzt worden ist, so genügt es hier anzugeben, daſs als Endresultat die Länge des einfachen Secundenpendels L = 991,02557 und y = 5,07188 Millim. gefunden wird, woraus dann eine Abplattung = $\frac{1}{282}$ folgt. Diesen Messungen dürfen die oben bereits mitgetheilten, zahlreichen und vorzüglich genauen angereiht werden, welche Capt. Luetke auf der russischen Entdeckungsreise bewerkstelligte. Aus ihnen allein folgt die Länge des einfachen Secundenpendels = 39,02422 und y = 0,191787 engl. Zolle, woraus dann eine Abplattung = $\frac{1}{267,7}$ hervorgeht, mit Weglassung der Messungen zu Boni und Valparaiso aber wird jene Gröſse = 39,023923 und y = 0,192535

---

1 S. Art. *Erde* Bd. III. S. 904.

2 Bessel Untersuchungen u. s. w. S. 62. findet statt dessen 439,2975 und 2,28174 par. Lin., inzwischen ist das bei der Reduction zum Grunde liegende Verhältniſs nicht angegeben, welches ich aus den neuesten Bestimmungen entnommen habe. Vergl. Art. *Maſs* b) engl. Maſse.

3 Observations du pendule, faites dans le voyage autour du Monde, pendant les années 1817, 1818, 1819 et 1820; par M. L. de Freycinet. Par. 1826. 4. Sie bilden die erste Hälfte des 6ten Bandes des Voyage autour du Monde und enthalten zugleich die Formeln zur Correction der gemessenen Pendellängen.

Digitized by Google

engl. Zolle, welches eine Abplattung $= \frac{1}{268}$ giebt. Durch Reduction dieser Werthe auf par. Linien erhält man aus den obern 439,40000 und y = 2,15945 par. Lin., aus den untern 439,39668 und y = 2,16788 par. Linien; durch Reduction auf metrisches Maſs aber erhält man aus der ersten Bestimmung L = 991,2193 und y = 4,87141, aus der zweiten aber L = 991,2120 und y = 4,89041 Millimeter.

Ivory[1] findet aus den gemessenen Pendellängen eine hiervon etwas abweichende Gröſse, nämlich die Länge des Secundenpendels unter dem Aequator = 39,01335 und y = 0,2056 engl. Zolle. Galbraith[2] hält sich hauptsächlich an die Messungen von Kater und Biot, berücksichtigt jedoch auch die übrigen und findet hiernach die Länge des einfachen Secundenpendels unter dem Aequator = 39,011654 und y = 0,209068 engl. Zolle. Francoeur[3] nimmt eine Abplattung von $\frac{1}{290}$ an und findet aus den gemessenen Pendellängen die des einfachen Secundenpendels unter dem Aequator = 990,9262 und y = 5,152813 Millimeter, welche Gröſse ich deswegen nicht reducire, weil sie zu sehr von spätern genauen Bestimmungen abweicht. Ueberhaupt stehn die ältern Messungen den neuesten so weit nach, daſs die Mittheilung der daraus entnommenen Gröſsen gegenwärtig nur noch historisches Interesse haben kann. Die wichtigste unter den ältern Bestimmungen ist die von Kraft[4], welcher vorzüglich die Messungen der französischen Akademiker unter niedern und der Petersburger Akademiker unter höhern Breiten verglich, hiernach die Pendellänge unter dem Aequator = 439,178 und y = 2,321 par. Lin. fand und mit Benutzung dieser Gröſsen die Pendellängen nach der angegebenen Formel vom Aequator bis zu den Polen berechnete, die mit den Messungen sehr nahe übereinstimmten. Schon 1731 maſs Campbel[5] die Pendellänge auf Jamaica und zu London und bestimmte hiernach die unter dem Aequator = 39,00 engl. Zolle und y = 0,206 engl. Z. Wenig abweichend hier-

---

1 Phil. Mag. and Ann. 1828. T. III. p. 165.

2 Phil. Mag. LXIV. 163. LXV. 12.

3 Nouveau Bullet. des Sciences par la Soc. phil. 1825. Sept. p. 139.

4 Comm. Pet. T. VIII. p. 238.

5 Phil. Trans. Nr. 432.

von sind die Gröſsen, welche Capt. John Warren[1] aus seiner Messung auf Madras und zu London ableitet, nämlich 38,987 oder nahe = 39 und y = 0,207 engl. Zolle.

Nach der allgemeinen Einführung des Decimalmaſses wollte man in Frankreich dasselbe auch auf die Eintheilung der Zeit anwenden, wonach auf einen Tag 100000 Secunden kommen würden. Diesem gemäſs sind die frühern Berechnungen der Länge des Secundenpendels namentlich durch Biot[2] gemacht worden, wonach mit Anwendung der angegebenen Formel $\lambda = A + y \,\text{Sin.}^2\, \varphi$ die Länge des einfachen Secundenpendels A = 739,704212 und y = 3,965212 Millimeter seyn sollte. Galbraith[3] reducirt dann mit Anwendung der bekannten Formel diese Länge auf englisches Maſs und findet die Länge des englischen Secundenpendels $L = (\frac{240}{216})^2 \lambda$ oder $(\frac{240}{216})^2 \times 39{,}37079 = 52{,}74079$ engl. Zolle nach Shuckburgh's Scale, das Meter bei 0° C. und die Scale bei 62° F. angenommen. Nach Bird's Parlamentmaſs ist L = 52,740564 engl. Zolle. Kater[4] endlich findet aus seinen Pendelmessungen zu Unst und Dunnose die Länge des einfachen sechzigtheiligen Secundenpendels unter dem Aequator = 39,00734 engl. Zolle, Ivory[5] aber hat gleichfalls bei seiner spätern Untersuchung zur Bestimmung des numerischen Werthes der Gröſsen in seiner Formel, wonach $l = \lambda\,(1 + f \,\text{Sin.}^2\, \varphi)$ und $f = \frac{l - A}{A \,.\, \text{Sin.}^2\, \varphi}$ ist, keineswegs die neuesten genauesten Messungen mit berücksichtigt.

Der angegebenen Formel, wonach $\lambda = A + y \,\text{Sin.}^2\, \varphi$ seyn soll, wenn λ die corrigirte Pendellänge, A diese Gröſse unter dem Aequator und φ die Polhöhe bezeichnet, liegt die bisher allgemein und auch von mir im Art. *Erde* angenommene Voraussetzung zum Grunde, daſs die Erde mit Ausnahme einiger örtlicher Abweichungen im Ganzen ein regelmäſsiges elliptisches Sphäroid bilde. Aus den neuesten Gradmessungen,

1 Asiatic Researches T. XI. Art. 5.

2 Recueil d'Observations cet. Par. 1821. p. 441 ff.

3 Phil. Mag. Nr. LXV. p. 22. Das erhaltene Resultat ist übrigens das entgegengesetzte von dem gesuchten, indem das Decimalsecundenpendel das kürzere ist und nach Kater's Bestimmung vielmehr $= (\frac{216}{250})^2 \times 39{,}13908 = 29{,}217166$ engl. Zolle seyn würde.

4 Phil. Trans. 1819. p. 415.

5 Phil. Mag. and Ann. of Phil. T. VII. p. 412.

Digitized by Google

namentlich der durch Gauss[1] vollführten Hannöverschen, folgt jedoch evident, daſs die Abplattung der Erde unter den Polen am geringsten und unter dem Aequator am stärksten ist, einzelne örtliche Abweichungen auch von dieser Regel nicht gerechnet[2], und eben dieses folgt auch aus den neuesten Messungen der Pendellängen, namentlich denen von Biot[3] im südlichen Frankreich und Italien. Bei dieser Uebereinstimmung zahlreicher und mit der höchsten Genauigkeit angestellter Messungen können wir dasjenige Endresultat, welches Biot aus diesen entnommen hat, als richtig betrachten, nach welchem die *Abplattung* der Erde von 0° bis 45° im Mittel $\frac{1}{276{,}38}$, von 45° bis 90° aber $\frac{1}{306{,}33}$ und von 0° bis 90° endlich $\frac{1}{290{,}59}$ beträgt, und da diese letztere mittlere Bestimmung für die ganze Erde von der oben[4] angenommenen, nämlich $\frac{1}{289{,}1}$, nur unmerklich abweicht, so sind auch die dort mitgetheilten Dimensionen als genugsam genähert schon deswegen zu betrachten, weil diejenigen unter ihnen am wichtigsten sind, die niedern und mittlern Breiten angehören, wo die Abplattung verhältniſsmäſsig am stärksten ist. Mit Rücksicht auf diese verschiedene Abplattung ist dann die Pendellänge in Millimetern

von 0° bis 45° $= 991{,}027015 + 4{,}986672 \text{ Sin.}^2 \varphi$,
von 45° — 90° $= 991{,}027015 + 5{,}337224 \text{ Sin.}^2 \varphi$,
von 0° — 90° $= 991{,}027015 + 5{,}161948 \text{ Sin.}^2 \varphi$,

welche Bestimmungen für alle wissenschaftliche, um so mehr aber alle technische, Zwecke als völlig genügend zu betrachten sind. Es verlohnt sich allerdings der Mühe, diese Angaben auf altfranzösisches und englisches Maſs nach den genauesten mir

---

1 Diese von mir Bd. III. S. 860. nur vorläufig erwähnte, damals noch unvollendete, höchst genaue Gradmessung in den Ebenen Lüneburgs, welche sich an die durch Schumacher in Holstein ausgeführte anschlieſst, ist seitdem benutzt worden von J. C. E. Schmidt in: Lehrbuch der mathem. und phys. Geographie 2 Th. 8. Gött. 1829. Th. I. S. 192.

2 Gauss Bestimmung des Breitenunterschiedes zwischen den Sternwarten von Göttingen und Altona. Gött. 1828. J. C. E. Schmidt in Schumacher Astron. Nachrichten 1829. Nr. 161.

3 Mém. de l'Acad. Roy. des Sciences. Par. 1829. T. VIII. p. 1 ff. Auch diese Messungen konnten von mir im Art. *Erde* Bd. III. S. 903. noch nicht benutzt werden.

4 Art. *Erde* Bd. III. S. 930.

Digitized by Google

darüber zu Gebote stehenden Bestimmungen zu reduciren[1]. Diesemnach wären also die Pendellängen in Linien der Toise von Peru, wenn das Meter = 443,296 Lin. angenommen wird,

von 0° bis 45° = 439,318248 + 2,210578 Sin.^{2} φ,
von 45° — 90° = 439,318248 + 2,365969 Sin.^{2} φ,
von 0° — 90° = 439,318248 + 2,288303 Sin.^{2} φ.

Soll aber die Reduction so angestellt werden, daſs die Toise statt der Normaltemperatur von 16°,25 C. gleichfalls bei 0° C., eben so wie das Meter, angenommen würde, welches allerdings wohl richtiger ist, wonach das Meter 443,379273... Linien beträgt, so wären die Längen

von 0° bis 45° = 439,400837434 + 2,210998 Sin.^{2} φ,
von 45° — 90° = 439,400837434 + 2,366414 Sin.^{2} φ,
von 0° — 90° = 439,400837434 + 2,288734 Sin.^{2} φ.

Wird bei der Reduction auf englisches Maſs das Meter bei 0° C., der englische Fuſs aber bei der Normaltemperatur von 62° F. angenommen und hiernach Kater's Bestimmung zum Grunde gelegt, wonach 1 Meter = 39,37079 engl. Zolle beträgt, so sind jene Gröſsen in engl. Zollen

von 0° bis 45° = 39,01751649 + 0,196330 Sin.^{2} φ,
von 45° — 90° = 39,01751649 + 0,210131 Sin.^{2} φ,
von 0° — 90° = 39,01751649 + 0,203233 Sin.^{2} φ.

Wenn man dagegen sowohl das Meter als auch den englischen Fuſs bei 0° C. annimmt und die genauen, durch Bessel mitgetheilten Messungen zum Grunde legt, wonach 1 Meter = 39,37 engl. Zolle beträgt, so sind jene Gröſsen in englischen Zollen

von 0° bis 45° = 39,01673358 + 0,196326 Sin.^{2} φ,
von 45° — 90° = 39,01673358 + 0,210126 Sin.^{2} φ,
von 0° — 90° = 39,01673358 + 0,203228 Sin.^{2} φ.

Vorzugsweise kommt die Länge des einfachen Secundenpendels unter 45° N. B. in Betrachtung, weil sie nicht bloſs die mittlere Gröſse der Pendellängen vom Aequator bis zu den Polen ist, sondern unter diesem Parallele und in mäſsiger Entfernung von demselben die meiste Cultur herrscht, folglich von dieser Bestimmung die meisten Anwendungen gemacht werden. Biot[2] hat diese auf das Sorgfältigste zu bestimmen gesucht und sie im Mittel aus den genauesten Messungen = 993,534239 Millimeter

1 Vergl. Art. *Maſs* Bd. VI. Abth. 2.
2 A. a. O. S. 56.

gefunden. Diese Gröſse nach beiden angegebenen Verhältnissen auf französisches und englisches Maſs reducirt giebt

440,429754 oder 440,5124886 par. Lin. und
39,11622788 oder 39,1154430 engl. Zolle.

Bei weitem die meisten in den neuern Zeiten gemessenen Pendellängen sind bereits oben[1] angegeben, und zwar in englischen Zollen, welches Maſs durch den fleiſsigsten Beobachter, Capt. Sabine, angenommen war. Seitdem sind indeſs noch einige sehr genaue Messungen hinzugekommen, unter denen die von Bessel zu Königsberg in gröſster Ausführlichkeit vollendete wohl den ersten Rang einnimmt. Darunter gehören ferner die eben so zahlreichen als sehr genauen von Biot[2], die wiederholten in London zur definitiven scharfen Bestimmung der Länge des dortigen einfachen Secundenpendels und verschiedene bereits oben erwähnte mit dem Kater'schen Reversionspendel. Biot hat indeſs fast alle durch die neuesten Messungen gefundenen Pendellängen auf Millimeter reducirt, wenn sie nicht ohnehin schon in diesem Maſse angegeben waren, weswegen ich diese hier mittheile, zugleich aber die ihm nicht bekannt gewordenen, auf das nämliche Maſs nach dem so eben angegebenen Verhältnisse reducirten, einschalte[3]. Die ältern Bestimmungen haben gegenwärtig nur einen untergeordneten Werth. Da aber P. van Galen[4] sich die Mühe gegeben hat, sie insgesammt auf neufranzösisches Maſs zu reduciren, so mögen sie zum Andenken an die schätzbaren Leistungen älterer Physiker hier gleichfalls einen Platz finden.

---

1 Art. *Erde* Bd. III. S. 891 ff.

2 Mémoires de l'Acad. Roy. des Sciences de l'Institut de France. Paris 1829. T. VIII. Die sehr genaue Messung von Carlini und Plana auf dem Mont Cenis ist bereits mehrmals erwähnt worden.

3 Eine Tabelle der Pendellängen in dem verschiedenen ursprünglich angewandten Maſse findet man in Baumgartner's Naturlehre. Suppl. Bd. Heft 3. S. 1008.

4 Dissert. math. inaug. de Pendulo.

Digitized by Google

Beobachter.	Orte.	Breitengrade.		Pendellängen.	
Malaspina	Puerto Egmont	51°	21′	993,94	Mill.
Malaspina	Sta. Elena	44	30	993,74	-
Malaspina	Concepcion	36	42	992,59	-
Malaspina	Montevideo	34	55	992,63	-
La Caille	Cap d. g. Hoffnung	33	55	992,88	-
Malaspina	Puerto Jackson	33	51	992,54	-
La Caille	Isle de France	20	10	992,07	-
Don Juan	Guarico	19	46	991,32	-
Halley	St. Helena	16	00	991,82	-
Des Hayes	Granada	12	6	989,16	-
Malaspina	Lima	12	5	991,01	-
Couplet	Paraiba	6	38	985,80	-
Condamine	Para	1	28	990,81	-
Condamine	Quito	0	38	989,95	-
Bouguer	Quito	0	25	990,53	-
Godin, Don Juan, Ulloa	Quito	0	25	990,69	-
Bouguer	Pichincha	0	13	989,61	-
Condamine	Riojama	0	9	990,15	-
Bouguer	Riojama	0	9	989,90	-
Condamine	Puntapalmar	0	2	990,22	-
Bouguer	Aequator	0	00	990,78	-
Richer	Cayenne	4	56	991,10	-
Malaspina	Zamboanga	6	55	990,92	-
Godin, Bouguer, Condamine	Panama	8	35	990,76	-
Feuillé	Portobello	9	33	987,13	-
Godin	—	—	—	990,47	-
Bouguer	—	-	—	990,49	-
Le Gentil	Pondichery	11	56	991,08	-
Malaspina	Umatag	13	18	990,83	-
Le Gentil	Manille	14	34	991,48	-
Malaspina	Manila	14	36	991,37	-
Des Hayes	Gorea	14	40	989,29	-
Des Hayes	Martinique	14	44	989,16	-
Warin	Guadaloupe	16	00	989,16	-

Digitized by Google

Beobachter.	Orte.	Breitengrade.		Pendellängen.
Malaspina	Acapulco	16°	50′	991,23 Mill.
Des Hayes	St. Christophore	17	19	989,75 -
Le Gentil	Foulpoint	17	40	991,30 -
Campbell	Jamaica	18	00	991,53 -
Condamine	Domingo	18	27	991,30 -
Bouguer	—	—	—	990,83 -
Godin	—	—	—	991,14 -
Malaspina	Babao	18	39	991,39 -
Des Hayes	Domingo, Cap	19	48	990,31 -
Malaspina	Macao	23	12	991,10 -
Chazelles	Cairo	30	2	993,13 -
Malaspina	Cadix	36	32	992,54 -
Malaspina	Monterey	36	36	992,29 -
Couplet	Lissabon	38	42	988,05 -
Jacquier, Le Seur	Rom	41	54	993,20 -
Picard	Port de Sete	43	24	993,69 -
Picard	Bayonne	43	30	993,69 -
Darquier	Toulouse	43	36	993,38 -
Ximenes	Florenz	43	47	993,72 -
Mouton	Lyon	45	46	988,73 -
Picard	Lyon	45	46	993,69 -
Liesganig	Wien	48	12	993,83 -
Picard	Paris	48	50	993,69 -
Huyghens	—	—	—	993,92 -
Richer	—	—	—	993,92 -
Warin, des Hayes	—	—	—	993,81 -
Chazelles	—	—	—	993,69 -
Godin	—	—	—	993,63 -
Bouguer	—	—	—	993,87 -
Condamine	—	—	—	993,75 -
Mairan	—	—	—	993,85 -
De Borda	—	—	—	993,84 -
La Caille	Paris	48	51	994,35 -
Malaspina	Nutka	49	35	993,65 -
Von Zach	Gotha	50	58	993,94 -
Rumowski	Seleginsk	51	6	993,78 -
Roemer	London	51	31	993,69 -

Digitized by Google

Beobachter.	Orte.	Breitengrade.		Pendellängen.	
Graham	—	—°	—′	994,26	Mill.
Whitehurst	—	—	—	993,62	-
Picard Bartholin	s'Gravenhage	52	4	993,69	-
Lulofs	Leiden	52	9	994,17	-
Mayer	Greifswald	54	4	994,44	-
Picard	Uranienburg	55	41	993,69	-
Grischow	Arensberg	58	15	994,48	-
Grischow	Pernau	58	23	994,55	-
Grischow	Dorpat	58	23	994,57	-
Malaspina	Mulgrave	59	23	995,09	-
Grischow	Reval	59	26	994,60	-
Celsius	Upsala	59	52	994,62	-
Mallet Grischow	Petersburg	59	56	994,75	-
Rumowski	—	—	—	993,81	-
Henry	—	—	—	992,75	-
De l'Isle De la Croyère	Archangel	64	34	994,03	-
Rumowski	—	—	—	995,09	-
Maupertuis	Pello	66	48	995,20	-
Mallet	Ponoi	67	4	995,23	-
Rumowski	Kola	68	52	995,54	-
Mulgrave	Spitzbergen	79	50	995,68	-

Unter den neuern Pendelmessungen befinden sich einige, die wegen ihrer vorzüglichen Genauigkeit eine besondere Erwähnung verdienen. Dahin gehört vor allen andern die bereits mehrmals erwähnte von Bessel in Königsberg, wonach er die Länge des einfachen Secundenpendels daselbst, auf den Spiegel der Ostsee und 0° C. Temperatur reducirt, = 440,8179 par. Linien fand. Eine gleiche Sorgfalt verwandte Kater auf die Bestimmung dieser Gröſse für London, wie namentlich aus der genauen Uebereinstimmung des von ihm gefundenen Resultates mit den spätern durch Sabine erhaltenen hervorgeht. Die Versuche von de Borda gehören gleichfalls unter die sehr genauen, werden jedoch von den durch Biot und Arago und einigen nachher durch mehrere pariser Gelehrte angestellten übertroffen. Vorzugsweise verdienen nämlich die wiederholten Bemühungen

Digitized by Google

erwähnt zu werden, durch die man eine directe Vergleichung der Pendellängen in Paris und London zu bewerkstelligen suchte, wozu der Vorschlag schon 1817 durch Arago dem *Bureau des Longitudes* zu Paris gemacht und bald darauf zur Ausführung gebracht wurde, indem er selbst in Verbindung mit Biot und v. Humboldt die Pendellänge zu Paris und Greenwich mit Anwendung von zwei an beiden Orten gebrauchten unveränderlichen Pendeln bestimmte. Wo möglich noch genauere Versuche wurden später durch Capt. Sabine[1] ausgeführt, indem er im Jahre 1827 zwei Kater'sche unveränderliche Pendel nach Paris brachte und in Verbindung mit Mathieu, Nicollet und Savary dort beobachtete, dann dieselben wieder nach London sandte und die frühern Versuche an der dortigen Hauptstation zu Portland-Place wiederholte, wobei ihn Quetelet und Capt. Chapman unterstützten. Das Mittel aus 23 Messungen zu Paris und 17 zu London mit beiden Pendeln gab für den letztern Ort eine Beschleunigung von 12 Secunden für einen Tag. Früher hatte aber Kater die Länge des Secundenpendels für London = 39,13908 engl. Zolle und Biot für Paris = 39,12843 engl. Zolle gefunden, der Unterschied beider = 0,01065 giebt 11,76 Secunden, anstatt daſs 0,01088 Z. Längendifferenz 12 Secunden zugehören würden. Nähme man letztern Unterschied als richtig an, so müſste Kater's Pendel in Paris 39,12820 engl. Z. statt 39,12843 lang seyn und Biot's Pendel, nach London übergetragen, 39,13931 statt 39,13908 engl. Z. lang seyn. Borda's Messung im Jahre 1792 gab die Länge des Secundenpendels = 39,12776 engl. Zolle, und wenn man den Unterschied der Höhe berechnet, wo er beobachtete, so wird diese Gröſse = 39,12764 engl. Zolle. Wenn man demnach Biot's Messung und de Borda's Messung nach London überträgt, so liegt Kater's Messung zwischen beiden nahe genau in der Mitte, indem sie der von Biot um 0,00011 Lin. näher kommt, als der von de Borda.

Die zuletzt angegebene Länge des durch Kater zu Portland-Place gemessenen Normalpendels ist als die definitive, durch mehrere Correctionen und Wiederholungen der Versuche, namentlich durch Sabine, erhaltene zu betrachten; im Ganzen aber gehören diese Bemühungen unter die anhaltendsten und

1 Phil. Trans. 1828. p. 35.

genauesten im Gebiete der Physik. Zum Messen bediente sich Kater[1] des von Shuckburgh Evelyn[2] gebrauchten Maſsstabes von Troughton, dessen Genauigkeit nichts zu wünschen übrig läſst, und eines durch ein Mikroskop beobachteten Mikrometers, welches nach vielen Messungen im Mittel den Zoll in 23363 Theile theilte. Die Ausdehnung desselben durch Wärme betrug nach directer Messung in heiſsem Wasser 0,000009959 Theile des Ganzen für 1° F. Die Vergleichung des Pendels mit dem Maſsstabe geschah bei der Normaltemperatur von 62° F., zur Reduction auf das Vacuum wurde bei 53° F. Temperatur und 29,27 engl. Zoll Barometerstand das spec. Gewicht des Wassers gegen Luft = 836 : 1, der Pendelmasse gegen Wasser = 8,469 : 1 gefunden. Die wiederholten Messungen endlich ergaben die corrigirte Länge des einfachen Secundenpendels für Sexagesimalsecunden mittlere Sonnenzeit nach Troughton's Scale = 39,1386; nach der von Roy zur trigonometrischen Messung gebrauchten = 39,13717; nach Bird's im Parlamentshause befindlichen = 39,13824 engl. Zolle bei 62° F. und unter 51° 31′ 8″,4 N. B, und die einzelnen Resultate wichen nicht über $\frac{1}{134539}$ der ganzen Länge von einander ab. Nach einigen spätern Correctionen setzte Kater[3] diese Gröſse = 39,13929 Zolle des Troughton'schen Maſsstabes als normal fest, welches von der obigen Bestimmung nicht merklich abweicht. Neuerdings hat Sabine[4] die Länge des einfachen Secundenpendels auch für Greenwich unter 51° 28′ 40″,4 N. B. mit gröſster Genauigkeit gemessen und mit Benutzung der oben (unter E. b) erwähnten Correction für die Ausdehnung durch Wärme = 39,13734 engl. Zolle gefunden.

Folgende Tabelle enthält die sämmtlichen, mir bekannt gewordenen Pendellängen an den verschiedenen Orten.

---

1 Phil. Trans. 1818. p. 35.
2 Vergl. *Maſs, englisches.*
3 Phil. Trans. 1819. p. 415.
4 Phil. Trans. 1831. p. 475.

Digitized by Google

Beobachter.	Orte.	Breitengrade.	Pendellängen.
Freycinet	Malvinen	51°35′ 18″	994,0657
Duperrey	—	51 31 44	994,1295
Fallows	Cap d. g. Hoffnung	33 55 56	992,5887
Freycinet	—	33 55 15	992,5677
Freycinet	Port Jackson	33 51 34	992,6260
Duperrey	Port Jackson	33 51 34	992,5879
Brisbane	Paramatta	33 48 43	992,5590
Dunlop	Paramatta	33 48 43	992,5730
Luetke	Valparaiso	33 2 30	992,5178
Freycinet	Rio de Janeiro	22 55 13	991,6956
Foster	Rio de Janeiro	22 55 22	991,7137
Basil Hall	Rio de Janeiro	22 55 22	991,7170
Duperrey	Isle de France	20 9 40	991,7707
Luetke	St. Helena	15 54 59	991,6035
Sabine	Bahia	12 59 21	991,2203
Sabine	Ascension	7 55 48	991,1948
Duperrey	—	7 55 9	981,1824
Sabine	Maranham	2 31 43	990,8975
Freycinet	Rawak	0 1 34	990,9466
Sabine	St. Thomas	0 24 21	991,1109
Basil Hall	Gallopagos Ins.	0 32 19	991,0403
Luetke	Ualan	5 21 16	991,3043
Sabine	Sierra-Leone	8 29 28	991,1073
Sabine	Trinidad	10 38 56	991,0609
Goldingham	Madras	13 4 9	991,2723
Luetke	Guahan	13 26 21	991,4277
Freycinet	Guam. Ins.	13 27 51	991,4520
Sabine	Jamaica	17 56 7	991,4725
Freycinet	Mowi	20 52 7	991,7850
Basil Hall	San Blas	21 32 24	991,5633
Foster	San Blas	21 32 24	991,5903
Luetke	Boni	27 4 12	992,3773
Biot	Lipari	38 28 37	993,0792
Biot	Formentera	38 39 56	993,0697
Sabine	New-York	40 42 43	993,1586
Biot	Barcellona	41 23 15	993,2321
Duperrey	Toulon	43 7 20	993,3652
Biot, Mathieu	Figeac	44 36 45	993,4578

Digitized by Google

Beobachter.	Orte.	Breitengrade.	Pendellängen.
Biot, Mathieu	Bordeaux	44°50′ 26″	993,4529
Biot	Fiume	45 19 0	993,5841
Biot	Padua	45 24 3	993,6073
Biot	Mailand	45 28 1	993,5476
Biot, Mathieu	Clermont Fer.	45 46 48	993,5823
Borda, Cassini	Paris	48 50 14	993,8462
Biot, Bouvard	—	— — —	993,8668
Sabine, Kater	—	— — —	993,8606
Kater	Shanklin - Farm	50 37 24	994,0470
Biot, Mathieu	Dünkirchen	51 2 10	994,0804
Kater	London	51 31 8	994,1234
Kater	Arbury - Hill	52 16 55	994,2275
Luetke	St. Peter und Paul	53 0 53	994,3734
Kater	Clifton	53 27 43	994,3016
Schumacher	Altona	53 32 45	994,3520
Bessel	Königsberg [1]	54 42 50	994,4099
Kater	Forth - Leith	55 58 37	994,5352
Biot	—	— — —	994,5310
Luetke	Sitka	57 2 58	994,6200
Kater	Portsoy	57 40 59	994,6906
Svanberg, Cronstrand	Stockholm	59 20 43	994,8059
Luetke	Petersburg	59 56 21	994,9100
Sabine	Brassa	60 9 42	994,9985
Kater	Unst	60 45 25	994,9384
Biot	—	— — —	994,9457
Sabine	Drontheim	63 25 54	995,0132
Sabine	Hare - Island	70 26 17	995,6370
Sabine	Hammerfest	70 40 5	995,5312
Foster	Port - Bowen	73 13 39	995,7724
Sabine	Grönland	74 32 19	994,7465
Sabine	Melville	74 47 12	995,8560
Sabine	Spitzbergen	79 49 58	996,0359

1 Nach der Reduction, wobei das Meter = 443,296 Lin. angenommen wird. Wenn dagegen Meter und Toiſe auf 0° C. reducirt werden, so erhält man 994,2231.

Digitized by Google

b) Uhrpendel.

Die wichtigste Anwendung, welche man vom Pendel macht, ist die Regulirung des Ganges der *Uhren.* Indem nämlich das Pendel seine Schwingungen durch gleich groſse Bögen auf das Genaueste in gleichen Zeiten vollendet, so darf man mit demselben nur eine Maschine verbinden, welche einestheils demselben bei jeder Schwingung einen neuen und genau so abgemessenen Impuls ertheilt, daſs dadurch die Hindernisse seiner Bewegung gerade überwunden werden, damit es unausgesetzt gleichmäſsig schwingt, anderntheils die Zahl dieser Schwingungen mechanisch aufzeichnet, wodurch dann die verflossene Zeit von selbst gemessen wird. Die hierdurch gegebenen Uhren messen selten willkührliche Zeiten, meistens dagegen Sternenzeit oder mittlere Sonnenzeit, und heiſsen sonach Uhren für Sternenzeit, auch astronomische Uhren genannt, weil sie für die Astronomie gebraucht werden, oder Uhren für mittlere Sonnenzeit. Solche Uhren, welche die wahre Sonnenzeit messen, lassen sich zwar durch künstliche Mechanismen gleichfalls verfertigen, sind aber ungleich weniger gebräuchlich, eben wie solche, die zugleich Sternen- und mittlere Sonnenzeit zeigen, oder gar solche, die alle drei Zeiten zugleich angeben. Die Form der Uhren ist im Allgemeinen entweder die der Stand- oder Wand-Uhren mit verticalen, in Kreisbögen schwingenden Pendeln, oder die der Tertienuhren mit konischen Pendeln, die auch Centrifugalpendel heiſsen, oder endlich die der Sackuhren, Taschenuhren, Chronometer mit Pendeln, die in jeder Ebene, meistens in der horizontalen, schwingen[1].

Die Pendel der Uhren sind wohl ohne Ausnahme für ganze oder aliquote Theile von Sexagesimalsecunden nach Sonnen- oder Sternenzeit construirt, indem die verticalen Kreis- und konischen Pendel ganze oder halbe, die Pendel der Sackuhren selten ganze, zuweilen halbe, meistens Viertel oder auch wohl

---

1 Eine genauere Beschreibung der Uhren, der einzelnen Theile derselben nebst der Geschichte ihrer Erfindung und Verbesserung liegt zu weit auſser den Grenzen dieser Untersuchungen. M. s. Poppe die Wand-, Stand- und Taschen-Uhren. Frankf. 1818. 12. Eine gehaltreiche Untersuchung über Huyghens Anwendung der Pendel zur Regulirung der Uhren s. Edinburg Phil. Journ. N. XII. 197. XIII. 35. von van Swinden.

Digitized by Google

Fünftel Secunden schwingen. Indem man aber in der Regel nicht oder wohl nie beabsichtigt, die absolute Länge dieser Pendel zu messen, so kommt es nur darauf an, daſs sie ihren gleichförmigen Gang unausgesetzt beibehalten. Alle oben genannte Hindernisse bedürfen daher bei ihnen keiner eigentlichen Correction, weil sie bei jeder Schwingung gleichmäſsig stattfinden und sich daher ein für allemal ausgleichen lassen, wenn nur das Uhrwerk so genau gearbeitet ist, daſs der durch dieses bei jeder Schwingung gegebene Impuls stets unverändert bleibt, was sich am leichtesten durch ein groſses Gewicht und sehr leichte Beweglichkeit des Pendels erreichen läſst, indem ein solches durch geringfügige Aenderungen der ertheilten Stöſse nicht merklich afficirt werden kann. Es ist daher auch unrichtig, wenn man glaubt, solche Pendel müſsten in möglichst kleinen Elongationswinkeln schwingen, indem es vielmehr vortheilhafter ist, diese zur leichtern Ueberwindung der unbedeutend ungleichen Hindernisse nicht zu klein zu machen; doch nimmt man sie nicht leicht gröſser als 3 bis 5 Grade. Hiernach kann selbst der durch Temperatur und Barometerstand bedingte ungleiche Widerstand der Luft keine merkliche Ungleichheiten hervorbringen, alles dieses jedoch unter der Voraussetzung eines hinlänglich genauen und feinen Baues der Uhr und der gehörigen Festigkeit aller Theile des Pendels, damit dasselbe im strengsten Sinne ein unveränderliches bleibe. Daſs es ferner am besten sey, dasselbe an einer Uhrfeder aufzuhängen, ist bereits oben gesagt worden.

Nur die eine der oben erläuterten Correctionen, nämlich für den Einfluſs der Wärme, wird durch das Hinzufügen des Uhrwerks nicht unmittelbar beseitigt, ist aber um so wichtiger, da namentlich die astronomischen Uhren auf den nicht geheizten Sternwarten sehr ungleichen Temperaturen ausgesetzt sind, alle Körper durch Wärme ausgedehnt werden und gleichmäſsige Länge des Pendels die erste und nothwendigste Bedingung seiner gleichbleibenden Schwingungszeiten ist[1]. Man war daher schon seit Graham im Jahre 1715 darauf bedacht, Pendel

1 Kater in: The cabinet Cyclopaedia. Mechanics. Lond. 1831. p. 308. berechnet, daſs eine Aenderung der Temperatur von 25° F. einen Unterschied von 6 Secunden täglich bei einer eisernen Pendelstange erzeugt.

Digitized by Google

von unveränderlicher Länge mechanisch zu construiren. Am nächsten lag die Idee, die Pendelstange von Holz zu machen, weil dieses nach den Längenfasern durch Wärme nur unmerklich ausgedehnt wird, und Graham brachte daher Stangen von Ebenholz oder Nuſsbaumholz in Vorschlag; allein dagegen unterliegt das Holz dem Einflusse der Feuchtigkeit, welche vielmehr eine Verkürzung, leicht auch eine Krümmung erzeugt, zudem aber ist seine Ausdehnung durch Wärme zwar sehr gering, aber keineswegs = 0. Man hat daher die hölzernen Pendelstangen mit und ohne Compensation angewandt, in beiden Fällen jedoch den Einfluſs der Feuchtigkeit durch Tränken mit Oel und Ueberzüge von Firniſs abzuhalten gesucht. So viel ist wohl gewiſs, daſs bei der geringen Ausdehnung des Holzes durch Wärme die auf gehörige Weise gegen den Wasserdampf der Atmosphäre gesicherten hölzernen Pendelstangen wegen ihres geringen Preises für solche Uhren, die einem nicht zu groſsen Wechsel der Temperatur ausgesetzt sind, einen entschiedenen Vorzug haben, um so mehr als einige Compensation durch die stärkere Ausdehnung der metallenen Linse gegeben ist, deren Centrum, wenn sie auf ihrem untern Theile ruht, durch Temperaturerhöhung höher hinaufrückt.

Ein hölzernes Pendel ohne eigentliche Compensation, bestehend aus einer in Oel getränkten fichtenen Stange mit einer messingnen Linse, gebrauchten Don Jose de Espinosa und Don Ciriaco Cevallos, die Begleiter Malaspina's, zu ihren Pendelmessungen[1] in den Jahren 1789 bis 1794, später im Jahre 1808 schlug jedoch Kater[2] eine sinnreiche Compensation durch Zink vor. Nach seiner Vorschrift[3] nimmt man eine Stange von weiſsem Tannenholz 0,75 Z. breit und 0,25 Z. dick, legt diese in einen heiſsen Ofen, bis sie der Verkohlung nahe kommt, taucht dann die Enden der Stange in geschmolzenes Siegellack, reinigt die Stange und überzieht sie etliche male mit Kopalfirniſs. An das untere Ende derselben wird eine Fassung von Messing haltbar befestigt und mit einer starken stählernen Fig. Schraube versehn, um damit das Pendel zu reguliren, wie die-
34. ses die Zeichnung angiebt. Ferner wird das untere Ende der

1 Crelle Journ. für die reine u. angew. Mathem. Th. IV. S. 72.
2 Nisholson's Journ. 1808. July.
3 Cabinet Cyclopaedia. Mechanics. p. 320.

Stange schon vorher so stark verkleinert, daſs sie sich bequem in eine hohle Röhre von Zink stecken läſst. Letztere ist ein hohles Parallelepipedon, 7 Zoll lang und von 0,75 Zoll Seite des Querschnittes, die Dimensionen der innern Oeffnung betragen aber nur 0,4 Z., doch aber muſs der verdünnte Theil der Stange sich leicht beweglich durchstecken lassen. In den Boden dieser Röhre von Zink ist ein Stück Messing von 0,25 Z. Dicke gelöthet, mit einer nahe 0,4 Z. weiten runden Oeffnung und einer weiblichen Schraube, in welche ein Cylinder von Zink mit einer männlichen Schraube zur Regulirung der Compensation geschraubt und mit einer Klemmschraube versehen wird, um nach hergestellter richtiger Compensation jede Verrückung zu verhüten. Es versteht sich von selbst, daſs dieser Cylinder zu einer Verlängerung und somit auch zur Regulirung der compensirenden Zinkstange dient, weswegen derselbe in seiner Axe durchbohrt ist, um die Stahlschraube der hölzernen Stange durchzulassen und auf dem unten vorgeschraubten messingnen Knopfe zu ruhn. Die Stange wird mit ihrer untern messingnen Fassung und Stahlschraube von oben herab durch die Pendellinse gesteckt, indeſs ist das Loch in letzterer von unten an bis zum Centrum so erweitert, daſs sich die Zinkstange hineinschieben läſst und jene also mit ihrem Mittelpuncte auf dem obern Ende von dieser ruht. Hierdurch hat Kater es auf eine sinnreiche Weise erreicht, daſs die Zinkstange gerade das Centrum der Linse so hoch emporhebt, als die nöthige Compensation erfordert.

Die Berechnung der Längen, welche für Holz und Zink eine vollständige Compensation geben, ist leicht anzustellen[1]. Es darf nämlich nur nachträglich[2] bemerkt werden, daſs nach Versuchen von Struve[3] Tannenholz durch eine Erhöhung der Temperatur von 1° C. um 0,00000352, nach Kater[4] um

1 Eine ausführliche allgemeine Anweisung zu diesen Berechnungen giebt Fr. Baily in Phil. Mag. LXV. 40 ff.

2 Zu Art. *Ausdehnung* Bd. I. S. 582.

3 Beschreibung des groſsen Refractors von Fraunhofer. Dorpat 1825. fol. S. 4.

4 Cabinet Cyclopaedia p. 310. Nach Kater hat Struve 0,0000028444, er selbst aber 0,0000022685 für 1° F. gefunden. An der erwähnten Stelle aber giebt Struve nur 0,0000044 für 1° R. an, welches 0,0000019556 für 1° F. beträgt. Andere haben die Ausdehnung noch

0,0000040833 seiner Länge ausgedehnt wird. Die Aufgabe ist dann, die Länge einer Zinkstange zu finden, deren Ausdehnung durch Wärme genau so viel beträgt, als die Ausdehnung der ganzen Pendelstange. Es sey zu diesem Zwecke die Länge des Stückes der Uhrfeder, woran die Pendelstange hängt, $= \lambda$; die Länge der hölzernen Stange von der Uhrfeder bis zum Centrum der Linse $=$ L (wobei $L + \lambda$ etwas kürzer als die Länge des gesuchten einfachen Pendels genommen wird); die Länge der Stahlschraube $= \lambda'$; die Länge der hölzernen Stange unter dem Mittelpuncte der Linse, welche nach dem Halbmesser der letztern bestimmt wird, $= l$; die Länge der erforderlichen Zinkstange $= x$; ferner seyen die Ausdehnung des Holzes $= a$, der Uhrfeder und Stahlschraube, beide als gleich angenommen, $= a'$, des Zinkes $= a''$, so ist

$$(L + l)\,a + (\lambda + \lambda')\,a' = x\,a'', \text{ also}$$

$$x = \frac{(L + l)\,a + (\lambda + \lambda')\,a'}{a''}.$$

Nimmt man z. B. in englischen Zollen $L + l = 40$ Z.; $\lambda = 2$ Z.; $\lambda' = 3$ Z.; ist ferner $a = 0{,}00000352$; $a' = 0{,}00001152$; $a'' = 0{,}00003108$, so ist

$$x = \frac{0{,}0001408 + 0{,}0000576}{0{,}00003108} = 6{,}383\ldots,$$

wobei es auf ganz scharfe Bestimmungen nicht ankommt, da man vermittelst des Cylinders von Zink die Compensation empirisch reguliren kann. Auſserdem läſst sich das Pendel verkürzen oder verlängern, indem man entweder die Länge der Uhrfeder ändert, oder die Linse vermittelst der unten vorgeschraubten Nuſs hebt oder herabsenkt. Nach Kater ist Letzteres rathsamer, indem die Feder am besten in ihrem Schlitze bleibend festgeklemmt wird.

Nach Kater's[1] sehr entscheidendem Urtheile ist Holz die beste Substanz, die man zu Pendeln verwenden kann, wenn es möglich ist, dasselbe gegen den Einfluſs der Feuchtigkeit zu schützen. In dieser Beziehung führen viele von Browne (in dessen Wohnung zu Portland - Place die zahlreichen Pendelmessungen angestellt sind) gemachte Versuche zu dem Resultate, daſs eine Stange von Holz des Theka - Baumes (*teak*, ein hoher

---

geringer oder fast $= 0$ gefunden. S. Oarsberettelser om Vetensk. framsteg. Stockh. 1822. p. 165.

1 A. a. O. S. 334.

ostindischer Baum), wenn sie getrocknet und dann vergoldet ist, keine Feuchtigkeit mehr annimmt. Um aber das Pendel leicht herstellbar und wohlfeil zu haben, schlägt Francis Baily[1] vor, eine hölzerne Stange von nur $\frac{3}{8}$ Z. Durchmesser unten statt der Linse mit einem bleiernen hohlen Cylinder zu versehen. Die Constructionsart ist aus der Figur ersichtlich Fig. 35. und bedarf keiner weitern Erläuterung. Blei statt Zink zu nehmen wird des geringern Preises und gröſsern Gewichts wegen vorgeschlagen, auch ist die Ausdehnung beider Metalle nicht sehr verschieden. Ist dann die Länge des Bleicylinders $= 2x$, der hölzernen Stange $= L$, die Ausdehnung der letztern $= a$, des erstern $= a'$, so ist $(L + x)\,a = x\,a'$ und also

$$x = \frac{L\,a}{a' - a}.$$

Baily berechnet für $L = 46$ Z. engl. $2x = 14{,}3$ Z., Kater nahe gleich $2x = 14{,}44$ Z., wobei die Uhrfeder und Stahlschraube als zu unbedeutend unberücksichtigt bleiben. Die Regulirung soll anfangs durch die Schraube am untern Ende des Pendels, zuletzt aber für die feinsten Correctionen der Schwingungen durch einen kleinen, auf der Stange beweglichen und durch eine Schraube stellbaren Schieber geschehn, eine Regulirung, welche sehr empfohlen zu werden verdient.

Die Urtheile über die Brauchbarkeit der hölzernen Pendelstangen sind verschieden. Kater empfiehlt sie sehr und hält nebst Baily dieselben für gleich gut als die metallenen, auch behauptet M. Beaufoy[2] nach mehrjährigen Erfahrungen, daſs ein hölzernes Pendel von elliptischem Querschnitt der Stange gleiche Genauigkeit mit einem Rostpendel gewähre. Dagegen will E. Walker[3] während acht Jahre hindurch fortgesetzter Beobachtungen bedeutende Unrichtigkeiten wahrgenommen haben, und Freycinet's[4] Versuche ergeben, daſs sie den metallenen hinsichtlich der Genauigkeit nachstehn.

Da die verschiedenen Compensationen der Uhrpendel be-

1 Phil. Mag. LXV. 40

2 Ann. of Philos. T. XV. p. 176. Fortgesetzt in New Annals. T. I. p. 203. T. III. p. 406. Edinb. Phil. Journ. N. VIII. 355.

3 Phil. Magaz. 1809. July.

4 Voyage autour du Monde cet. Observations du pendule. Par. 1826. 4.

Digitized by Google

reits angegeben worden sind[1], so darf ich hier auf jenen Artikel verweisen und füge bloſs noch einige der vorzüglichern, meistens erst neuern Vorschläge hinzu, wobei ich die dort gewählten Abtheilungen beibehalte.

1) *Quecksilberpendel* wurden schon 1721 durch Graham verfertigt und probirt, scheinen aber den Erwartungen nicht genügt zu haben und muſsten daher den Rostpendeln weichen. In der Regel werden sie aus einer Stahlstange mit einem Steigbügel und einem darauf ruhenden Glasgefäſse mit Quecksilber verfertigt; allein die bereits erwähnte Einwendung, daſs die groſse Masse dieses Metalls die Wärme nicht so schnell annimmt, als die dünne Stahlstange, wird von mehrern für gegründet angegeben, wenigstens versichert Kater[2] unzweifelhaft berechtigt zu seyn zu behaupten, daſs die Mercurialpendel von der angegebenen Construction, bestehend aus einer eisernen Stange und einem gläsernen Gefäſse, keineswegs durch die Veränderung der Temperatur gleichmäſsig afficirt werden. Horner's Vorschlag, ein eisernes Gefäſs statt eines gläsernen Cylinders zu nehmen, scheint allerdings dieses Hinderniſs zu beseitigen, Kater aber schlägt vor, einen gläsernen Cylinder von ungefähr 7 Z. Höhe und 2,5 Z. Durchmesser zu nehmen und diesen mit einem langen Halse zu versehn, welcher die Pendelstange bildet, alles aus dem nämlichen Glase ohne Zusammensetzung geblasen. An das obere Ende der Stange wird eine messingne Fassung vermittelst Schrauben befestigt und an diese die tragende Uhrfeder mit Stiften befestigt. Kater meint, daſs bei einem solchen, aus einem Stücke und der nämlichen Masse überall von gleicher Dicke verfertigten Pendel die Ausdehnung des Ganzen gleichzeitig erfolgen und sich von den innern Wandungen des Glases schnell durch die Masse des Quecksilbers verbreiten müsse. Er sagt ferner, daſs Biot ein solches Pendel gekannt zu haben erwähne und sich wundere, aus welcher Ursache dasselbe bei seiner Vortrefflichkeit nicht allgemeiner in Anwendung gekommen sey; er selbst aber gebrauchte ein ähnliches gläsernes Pendel, welches sehr genau compensirte. Bei diesem war die gläserne Stange vermittelst einer Fassung am untern Ende im Centrum einer eisernen Scheibe befestigt, mit einem

1 S. Art. *Compensation* Bd. II. S. 200 ff.
2 Cabinet Cyclopaedia p. 333.

Digitized by Google

auf den äuſsern Rand geschraubten Ringe und dem in diesen eingekitteten gläsernen Cylinder für das Quecksilber. Nach seinem Urtheile steht zwar diese Construction der andern nach, weil das Ganze nicht aus einer gemeinschaftlichen Masse verfertigt ist, hat aber insofern einen Vorzug, als sie erlaubt, das Quecksilber mit einer gläsernen Scheibe zu bedecken, wie dieses durch Browne wirklich geschah. Da mir dieses wegen des Staubes und der leichten Oxydirung der Oberfläche des Quecksilbers sehr wesentlich scheint, so glaube ich, daſs sich die letztere Construction leicht zu ihrem groſsen Vortheile abändern lasse. Indem nämlich die Ausdehnung ähnlicher Glasarten nicht wesentlich verschieden ist, eine mögliche Verschiedenheit aber bei einem später erst empirisch zu regulirenden Pendel gar keine Berücksichtigung verdient, so würde es am einfachsten seyn, den etwas dicken Boden des zur Aufnahme des Quecksilbers bestimmten gläsernen Cylinders in der Mitte zu durchbohren, die gläserne Pendelstange von unten herauf durch die Oeffnung zu schieben und mit ihrem untern etwas konischen Ende in dieselbe einzuschmirgeln; alles übrige würde dann nach der mitgetheilten Angabe eingerichtet. Bekanntlich wird ein Quecksilberpendel durch Zugieſsen von kleinen Quantitäten dieses Metalls regulirt, für die letzten feinsten Correctionen gab aber Kater nach mündlicher Aeuſserung einem auf der Pendelstange verschiebbaren kleinen Gewichte den Vorzug.

Die Berechnung der Höhe des Quecksilbercylinders könnte ganz nach der oben für Holz und Blei gegebenen Formel angestellt werden, da es unnöthig ist, die nur höchstens 2 Zoll lange Stahlfeder und die Ausdehnung des gläsernen Cylinders, worin sich das Quecksilber befindet, zu berücksichtigen. Will man jedoch die letztere Gröſse gleichfalls in Rechnung nehmen, so bezeichne L die Länge der Glasstange und Uhrfeder bis zum Mittelpuncte der Schwingung, 2x die Höhe des erforderlichen Quecksilbercylinders, a die lineare Ausdehnung und k die kubische (= 3a) Ausdehnung des Glases, a' die kubische Ausdehnung des Quecksilbers oder die Ausdehnung seines Volumens, und man erhält

$$x = \frac{La}{a'(1 + k) - a}.$$

Wäre z. B. L = 36 par. Zolle, a = 0,00000861, also k = 0,00002583 und a' = 0,00018, so erhielte man

$$x = \frac{0{,}00030996}{0{,}0001713853} = 1{,}8085 \ldots Z.,$$

alſo würde die Höhe des Queckſilbercylinders vorläufig und bis zur nähern Regulirung zu 3,617 par. Z. anzunehmen ſeyn[1].

2) Bei der Beſchreibung des *roſtförmigen Pendels* iſt oben bloſs die Compenſation durch Zink angegeben, was für den praktiſchen Gebrauch allerdings zweckmäſsig genannt werden muſs, indem dieſer vor jeder andern ſo ſehr der Vorzug gebührt, daſs man nicht leicht ein anderes Metall für die ſo geſtalteten Pendel wählen wird. Die urſprünglichen, durch Harrison ſeit 1726 vorgeſchlagenen Pendel beſtehn aber aus einer Verbindung von eiſernen und meſſingnen Stangen, und die durch Troughton[2] verfertigten gleichfalls aus eiſernen Stangen, aber aus hohlen meſſingnen, dieſe umſchlieſsenden Röhren, um bei geringerer Metallmaſſe eine gröſsere Feſtigkeit zu erhalten; beide haben drei herabgehende Längen von Eiſen und zwei aufwärts gerichtete Längen von Meſſing zur Compenſation, beide haben den Nachtheil, daſs durch das Gewicht der Pendelſtange der Mittelpunct der Schwingungen nicht unmerklich tiefer hinabgerückt wird. Auch die durch Julien le Roy um das Jahr 1748 bei einer Uhr auf der Sternwarte zu Cluny angebrachte Compenſation beſtand aus Eiſen und Meſſing, aber nur aus einer einzigen Stange von jedem dieſer Metalle, wodurch jedoch die obere Hälfte des Pendels über das Uhrgehäuſe emporragte und daher das Ganze keine gleichmäſsige Temperatur haben konnte. Auch Deparcieux conſtruirte eine Compenſation aus zwei herabgehenden Eiſenſtangen mit einem eiſernen Träger an den untern Enden, worauf die aufwärts gerichteten zwei Meſſingſtangen mit einem auf ihren obern Enden ruhenden Querbalken ſtanden, an welchem dann die eigentliche eiſerne Pendelſtange hing. Beide haben auſserdem den Mangel, daſs bei jenem die compenſirende Meſſingſtange, bei dieſem die beiden herabge-

1 Einen Vorſchlag von Farrar in Boſton Journ. of Science T. I. p. 491., wonach die durch Wärme ausgedehnte Luft auf das Queckſilber drücken und einen der gleichzeitigen Ausdehnung des Glaſes proportionalen Theil deſſelben in die Höhe treiben ſoll, übergehe ich, weil er mir unausführbar und unzweckmäſsig ſcheint.

2 Nicholſon's Journal 1804. Dec. T. IX. p. 225. Vergl. Bode aſtron. Jahrb. 1808. S. 249. Eine Beurtheilung dieſer Compenſation von Schmitter ebend. 1810. S. 184.

Digitized by Google

henden Eisenstangen für sich an der Wand oder dem Gehäuse befestigt sind, eine Einrichtung, welche KATER mit Recht durchaus verwirft, weil es ihr leicht an der gehörigen Festigkeit gebricht und die einzelnen Theile nicht gleichmäſsig erwärmt werden können[1].

Auch die Compensation durch Zink ist auf verschiedene Weise abgeändert, wenn gleich die ursprüngliche rostförmige Construction meistens beibehalten wurde. Eine Erwähnung verdient wohl der Vorschlag von HENRY WARD, wofür ihm von der *Society of Arts* die silberne Medaille zuerkannt wurde. Hiernach besteht die Pendelstange aus zwei flachen eisernen Fig. 36.
Stangen HH, II von etwa 1,5 Lin. Dicke, zwischen denen eine Zinkstange KK von etwa 3 Lin. Dicke eingeschlossen ist. Vermittelst der Schraube m wird die Zinkstange KK an die Eisenstange HH festgeschraubt und zum Reguliren sind in die erstere mehrere Löcher über einander gebohrt, die Stange II dagegen ruht mit ihrem obern Haken auf der Zinkstange und wird an dieser durch die Schrauben O, O, O festgehalten, die sich in länglichen Löchern in den Stangen KK und HH frei auf- und abwärts bewegen können. Einfacher noch ist allerdings die durch ADAM REID[2] vorgeschlagene Compensation, wofür ihm die *Society of Arts* eine Remuneration von 15 Pfd. Sterl. zu Theil werden lieſs. Das ganze Pendel besteht aus einer eisernen Stange SB, welche an einem Stücke Uhrfeder Fig. 37.
aufgehangen ist. Der untere Theil derselben geht durch einen hohlen Cylinder D von Zink, welcher auf dem aufgeschraubten untern messingnen Knopfe ruht, mit seinem obern Ende aber an einem messingnen Querbalken die Linse C in ihrem Centrum trägt. Ein Mangel dabei ist, daſs sich die Compensation nicht reguliren läſst, indem man von dem hohen Cylinder etwas abnehmen muſs, wenn die Compensation zu stark ist, und im entgegengesetzten Falle etwas ansetzen müſste, beides sehr schwierige Operationen, welche jedoch bei der praktischen Anwendung nicht vermieden werden könnten, da sich die Stärke der Ausdehnung nicht mit derjenigen Schärfe berechnen läſst, die hierzu erforderlich ist. Eine sinnreiche Compensation durch

1 Eine ähnliche, aus gleichen Gründen verwerfliche Compensation hat DÖHLER vorgeschlagen. G. VII. 318.

2 Annales de Chimie T. LXXXV. p. 183.

Zink hat endlich John Smeaton ausgedacht. Die Pendelstange besteht hiernach aus massivem Glase, unten mit einer stählernen Schraube und einer aufgeschraubten Nuſs versehn. Auf letzterer ruht ein auf die Glasstange geschobener hohler Cylinder von Zink, ungefähr 12 Z. lang und $\frac{1}{8}$ Z. dick. Ueber diesen wird von oben herab eine hohle Röhre von Eisenblech gestürzt, deren oberer Rand so stark einwärts gebogen ist, daſs sie auf dem Cylinder ruht, unten dagegen ist der Rand auswärts gebogen und trägt auf der hierdurch gebildeten Fläche einen hohlen Cylinder von Blei etwas mehr als 12 Zoll lang. Es folgt hieraus, daſs die Glasstange und die Röhre von Eisenblech sich herabwärts ausdehnen, der hohle Cylinder von Zink und der von Blei aber aufwärts, so daſs also der Mittelpunct der Schwingung durch beide einander entgegengesetzte Wirkungen stets in gleicher Höhe erhalten wird. Auch hierbei fehlt die Regulirung der Compensation, welche jedoch leicht dadurch zu erhalten wäre, wenn man auf die oben bei Kater's hölzernem Pendel bereits beschriebene Weise dem Cylinder von Zink unten einen Boden mit einem Loche gäbe und in dieses einen Cylinder von Zink schraubte, um diesen hinaufwärts oder hinabwärts zu schrauben und dadurch die Compensation des Zinks zu verkleinern oder zu vergröſsern. Kater[1] bemerkt, daſs solche Pendel beim Gebrauche sehr brauchbar befunden wurden, und es sey daher auffallend, daſs sich nirgends eine Bekanntmachung derselben finde.

Für die Berechnung des Verhältnisses der einzelnen Theile scheint es mir am leichtesten und sichersten zu seyn, die Längen der Glasstange, der Uhrfeder, der untern Stahlschraube der eisernen Röhre und des Bleies als bekannt anzunehmen und hieraus die erforderliche Länge des Zinks zu finden. Es sey demnach die Länge der Glasstange $L = 38$ Z., der Feder $\lambda = 2$ Z., der eisernen Schraube bis an die aufgeschraubte Mutter $\lambda' = 2$ Z., der Blechröhre $l = 10$ Z., des bei dieser Einrichtung nur mit seiner halben Länge compensirenden Bleicylinders $2b = 10$ Z., der Zinkröhre $= x$; ist ferner die lineare Ausdehnung des Glases $= a$, der eisernen und stählernen Theile, alle als gleich angenommen, $= a'$, des Bleies $= a''$, des Zinkes $= a'''$, so ist

$$La + (l + \lambda + \lambda')\,a' - b\,a'' + x\,a''', \text{ also}$$

1 Cabinet Cyclopaedia. Mechanics p. 336.

$$x = \frac{La + (l + \lambda + \lambda') a' - b a''}{a'''}.$$

Werden die linearen Ausdehnungen $a = 0{,}00000861$, $a' = 0{,}00001152$, $a'' = 0{,}0000288$ und $a''' = 0{,}00003$ angenommen, so erhält man

$$x = \frac{0{,}00032718 + 0{,}00016128 - 0{,}000144}{0{,}00003} = 11{,}482,$$

wonach die Compensation vorläufig eingerichtet werden könnte, die sich dann vermittelst der Stahlschraube an der Pendelstange und des eingeschraubten Cylinders von Zink reguliren lieſse.

Schon 1802 hat Benzenberg[1] vorgeschlagen, statt des Zinkes Blei zur Compensation zu nehmen. Dabei hat er jedoch die Form des Rostes beibehalten, denn sein Pendel hat oben an einer kurzen eisernen Stange einen Querbalken von Eisen oder Messing, von welchem zwei eiserne Stangen herabhängen und unten wieder in einem Querbalken befestigt sind. Auf diesem letztern ruht in der Mitte die verticale Bleistange und trägt oben einen Querbalken, von welchem abermals zwei eiserne Stangen herabhängen, durch den genannten untern Querbalken frei beweglich gesteckt sind und selbst einen kleineren Querbalken tragen, in dessen Mitte die zum Tragen der Linse dienende kurze eiserne Stange befestigt ist. Kater[2] schlägt statt dessen vor, die erste Stange durch einen hohlen Cylinder von Blei herabgehn zu lassen und am untern Ende desselben zu befestigen, auf seinem obern Ende aber eine Röhre von Eisenblech ruhn zu lassen und an deren unterm Ende die Linse entweder unmittelbar oder vermittelst einer kurzen eisernen Stange zu befestigen. Sonach erhält also das Pendel genau die von Herapath[3] vorgeschlagene Gestalt, mit dem Unterschiede, daſs Letzterer Zink statt des Bleies in Vorschlag bringt. Dieses ist offenbar besser wegen seines geringern specifischen Gewichtes, seiner gröſsern Härte und stärkern Ausdehnung durch Wärme, wogegen der etwas höhere Preis nicht in Anschlag kommen kann.

---

1 Voigt's Magazin Th. IV. S. 787. Im folgenden Jahre brachte ebenderselbe das leichtflüssige Rose'sche Metall zur Compensation in Vorschlag. G. XIV. 315.

2 Cabinet Cyclopaedia p. 317.

3 S. Bd. II. S. 205. dieses Werks und die dort angegebene Fig. 67.

Digitized by Google

Sehr zweckmäſsig ist dann ferner die am obern Ende der Röhre von Eisenblech (oder besser eines Flintenlaufes) angebrachte Schraube, vermittelst deren die Röhre auf dem hohlen Cylinder von Zink auf- und abwärts geschraubt werden kann, um die Compensation des Zinks zu reguliren. Weil aber das ganze Pendel verlängert oder verkürzt wird, wenn man diese Schraube hinabwärts oder aufwärts schraubt, so ist es zweckmäſsig, die eiserne Röhre unten durch einen Boden mit einer Oeffnung zu verschlieſsen, in welcher die kurze, zum Tragen der Linse in deren Mittelpuncte bestimmte eiserne Stange gleichfalls auf- und abwärts geschraubt werden kann, um die veränderte Länge wieder herzustellen.

Zur Berechnung der Compensation darf man nur annehmen, daſs die Theile von Eisen, welche die ganze Länge des Pendels bilden, und eine der Zinkröhre an Länge genau gleichkommende Eisenstange sich herabwärts ausdehnen, während das Zink aufwärts compensirt. Heiſst demnach die Länge der erstern L + x, der letztern x, die Ausdehnung des Eisens a, des Zinks a', so ist

$$(L + x)\,a = x\,a', \text{ also } x = \frac{L\,a}{a' - a}.$$

Für L kann man in genähertem Werthe etwa 38 par. Zoll annehmen, da die Mittel zur Regulirung gegeben sind, die Berechnung ist dann leicht und genügend sicher, insofern die Werthe von a und a' mit hinlänglicher Genauigkeit bestimmt sind, und diesemnach gehört diese Construction der Compensationspendel ohne Widerrede unter die vorzüglichsten, wenn ihr nicht vor allen andern der Vorzug gebührt.

3) und 4) *Sonstige Compensationsarten* sind im Allgemeinen minder solid, nicht leicht mit gehöriger Genauigkeit zu berechnen und herzustellen, so daſs man ungleich weniger Gebrauch davon zu machen pflegt. Das Nöthige hierüber ist oben bereits mitgetheilt worden, auch darf ich als bekannt voraussetzen, was sich sonst noch über den Bau des Pendels und das Verhältniſs seiner einzelnen Theile sagen lieſse. Vor allen Dingen muſs die Uhr höchst fest und unbeweglich aufgehangen werden, so daſs die Schwingungen des Pendels sie selbst auf keine Weise zu bewegen vermögen. Hieraus folgt dann von selbst, daſs das Gewicht des Pendels sie nicht wohl belasten kann; das Gewicht der Linse aber wählt man deswegen beträchtlich groſs,

Digitized by Google

nämlich von etwa 8 bis höchstens 40 Pfd., damit die ihm durch das Uhrwerk mitgetheilten Stöſse die Schwingungen des Pendels bloſs fortdauern machen, ohne einen sonstigen Einfluſs darauf zu äuſsern. Soll der Mittelpunct der Schwingung nahe unter das Centrum der Linse fallen, so muſs diese in eben dem Verhältnisse ein gröſseres Gewicht erhalten, als die Pendelstange selbst schwerer wird.

Wenn die Pendel rücksichtlich der Compensation hinlänglich genau hergestellt sind und also die Veränderung der Temperatur keinen weitern Einfluſs auf sie hat, so bleibt oft die Schwierigkeit, sie mit gröſster Schärfe der bezweckten Zeit anzupassen, so daſs sie genau in halben oder ganzen Secunden schwingen. Nach Horner[1] giebt eine Längendifferenz des Pendels von 0,064 Linien einen Unterschied von etwa 6,5 Secunden bei einem Secundenpendel in 24 Stunden, welches in zwei Monaten schon eben so viele Minuten beträgt. Man kann zwar die Länge des Pendels durch die Schraube der Nuſs, auf welcher die Linse ruht, vermindern oder vergröſsern, allein so feine Correctionen, als hierbei erfordert werden, sind schwer zu bewerkstelligen. Das beste Mittel zu dieser Regulirung ist bereits erwähnt worden und besteht nach Kater aus einem kleinen Gewichte, welches auf der Pendelstange aufwärts oder abwärts geschoben und mit einer Klemmschraube festgehalten wird, um das Pendel (oder vielmehr die reducirte Länge desselben vom Aufhängepuncte bis zum Mittelpuncte der Schwingung) sehr wenig zu verkürzen oder zu verlängern. Ein anderes, eben so feines Mittel hat Prony[2] vorgeschlagen. Ist nämlich a b die Messerschneide, worauf das Pendel schwingt, so wird in der verticalen, durch den Schwerpunct des Pendels gehenden Linie der feine Stift o f ungefähr 18 Lin. lang aufgerichtet und nahe an seinem obern Ende mit einem Ringe versehn, welcher sich leicht auf dem Stifte umdrehn läſst, aber durch seine Reibung festsitzt. Der Ring ist mit zwei feinen, einander diametral gegenüberstehenden, ungefähr 14 Lin. langen und perpendiculär gegen die Axe des Stiftes gerichteten Stäbchen versehn, an deren Enden die kleinen Kugeln c und d von etwa 2 Lin. Durchmesser, alles von Metall genau gearbeitet, befe- Fig. 38.

1 Oben Bd. II. S. 198.

2 Ann. de Chim. et Phys. V. 309.

Digitized by Google

stigt sind. Diese Kugeln verzögern den Gang des Pendels am meisten, wenn eine durch sie gelegte verticale Ebene die durch die Axe der Messerschneide gelegte unter zwei rechten Winkeln schneidet, und am wenigsten, wenn beide zusammenfallen; der Gang des Pendels läſst sich also auf das Feinste reguliren, wenn man die Kugeln um sehr kleine Winkel im Azimuth herumdreht; es steht jedoch der Anwendung dieser Correction der Umstand entgegen, daſs sie nur bei Pendeln mit der Messerschneide angebracht werden kann.

Die meisten Uhrpendel sind solche, die ganze Sexagesimalsecunden schwingen, mindestens bei den astronomischen und den gröſsern Standuhren. Für kleinere nimmt man auch halbe Secundenpendel, bei denen jedoch geringe Fehler in gleichen Zeiten durch Summirung doppelt so groſs werden, und für noch kleinere Zeittheilchen würde die Verfertigung der Pendel stets wachsende Schwierigkeiten erzeugen. Inzwischen ist es oft wünschenswerth, kleine Zeittheilchen zu messen, ja man ist sogar darauf bedacht gewesen, in gleicher Progression fortsteigend Sechzigstel einer Secunde oder Tertien zu messen und hiernach sogenannte Tertienuhren zu construiren. Einige Künstler haben dieses durch die schnelleren Schwingungen der Unruhe in einer Art Sackuhren zu erreichen gesucht, die sie bis zu 10 in einer Secunde vermehrten, oder durch eine Beschleunigung der regulirten Bewegungen vermittelst der Räder; allein ich zweifle, daſs auf diese Weise die erforderliche Genauigkeit überhaupt erreichbar sey. Dieses ist dagegen sehr leicht möglich vermittelst des sogenannten Centrifugal- oder konischen Pendels, welches jedoch bereits oben[1] beschrieben worden ist und nicht bloſs für Tertienuhren, sondern auch insbesondere da angewandt wird, wo man eine stets gleichförmige Bewegung sucht, z. B. bei Fernröhren, die sich gleichmäſsig mit den Sternen bewegen sollen, den Heliometern, dem groſsen Refractor zu Dorpat u. s. w. Auch Zamboni hat dasselbe an der Uhr angebracht, welche durch zwei seiner trocknen Säulen in steter Bewegung erhalten werden. Hier ist so-

---

1 Art. *Centrifugal-Pendel* Bd. II. S. 83. Vergl. Benzenberg in Voigt Mag. XII. 182. Eine ausführliche Abhandlung über das konische Pendel von Pouillet findet sich in der Correspondance sur l'École polytechnique T. III. p. 27.

Digitized by Google

nach bloſs noch erforderlich, dieses Pendel mit dem verticalen zu vergleichen.

Es sey demnach die Länge des Pendels C A = l; die Höhe Fig. 39.
des Kegels, dessen Oberfläche dasselbe bei seinen Schwingungen beschreibt, C S = h; der Halbmesser des mit dem Horizonte parallelen, durch das Gewicht durchlaufenen Kreises = r. Auf dieses Gewicht oder den schweren Körper an einem als nicht schwer angenommenen Faden wirken drei Kräfte, zuerst die Schwungkraft in der Richtung S A, welche den Körper vom Mittelpuncte des Kreises zu entfernen strebt, die Schwere, welche der Richtung C S parallel wirkt und als Einheit = 1 angenommen werden kann, und die aus beiden zusammengesetzte Spannung des Fadens. Heiſst die Centrifugalkraft k, so erhält man

$$CS : SA = h : r = 1 : k.$$

Es ist aber die Schwungkraft $k = \frac{v^2}{r}$ und mit der Schwere als Einheit und dem hierdurch bewirkten freien Falle der Körper verglichen ist $k = \frac{v^2}{2gr}$. Da aber die Geschwindigkeit dem Raume direct und der Zeit umgekehrt proportional ist, also für die Bewegung im Kreise $v = \frac{2\pi r}{t}$, so ist $v^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{t^2}$, also $k = \frac{4\pi^2 r}{2 g t^2}$. Folglich erhält man

$$1 : \frac{2\pi^2 r}{g t^2} = h : r$$

$$\text{oder } g t^2 = 2\pi^2 h, \text{ und } t = \pi \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Insofern aber h die Länge des Pendels ist, wird

$$t = \pi \sqrt{\frac{2l}{g}},$$

und da die Zeitdauer einer einfachen Schwingung eines verticalen Pendels

$$t = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{2l}{g}}$$

ist, so gebraucht das Centrifugalpendel genau doppelt so viele Zeit, um einen ganzen Kreis zu durchlaufen, als das verticale zu einer Schwingung, so daſs das erstere den vierten Theil

der Länge haben muſs, wenn es mit dem letztern gleichzeitig seine Schwingungen vollenden soll.

Eine für astronomische Beobachtungen bestimmte sinnreiche Vorrichtung, um beim Appulse eines Sternes an den Spinnenfaden im Fernrohre die Zeit auf 0,1 Sec. unmittelbar genau zu messen, hat Bréguet[1] erfunden und ausgeführt. Sie besteht aus zwei Zeigern, deren einer auf einem Bogentheile von 60 Graden 10 einzelne Secunden zeigt, der andere aber auf einem zweiten, etwas gröſsern Bogentheile Zehntheile einer Secunde. Beide werden gleichzeitig mit dem sich nähernden Sterne beobachtet, um die Zeit des Appulses genau zu erhalten, wozu allerdings einige durch Uebung erlangte Fertigkeit erfordert wird. Eine nähere Beschreibung dieses sinnreich construirten Apparates, welcher an jedem mit Spinnenfäden versehenen Fernrohre angebracht werden kann, liegt zu weit auſser den Grenzen dieses Werks.

Diejenigen Pendel, welche die gleichmäſsige Zeiteintheilung der Sackuhren, Taschenuhren, Chronometer u. s. w. bedingen, bestehn aus Ringen, die durch einen dünnen, sehr elastischen, spiralförmig aufgewundenen Faden, die Spiralfeder, um eine feine, durch ihr Centrum gehende Axe hin und zurück geschwungen werden. Denkt man sich diesen Ring, die sogenannte Unruhe, als stillstehend, wobei die Spiralfeder nicht gespannt ist, und dreht ihn dann in seiner Ebene um einen aliquoten Theil des Bogens um seine Axe, so wird die Spiralfeder gespannt, zieht also den losgelassenen Ring mit beschleunigter Bewegung rückwärts, bis er wieder in seine anfängliche Lage kommt. In dieser wird er aber nicht beharren, sondern muſs nach dem Gesetze der Trägheit mit der erlangten Geschwindigkeit weiter schwingen, bis seine erhaltene Bewegung durch den Widerstand der entgegengesetzt gespannten Spiralfeder $= 0$ wird, wodurch dann eine ganze oder einfache Pendelschwingung vollendet ist. Die entgegengesetzt gespannte Spiralfeder zieht ihn dann wieder rückwärts und es erfolgt eine zweite gleiche, aber der ersten der Richtung nach entgegengesetzte Schwingung, und so würden diese ohne Aufhören fortdauern, wenn nicht die Reibung und der Widerstand der Luft sie stets verzögerten und endlich aufhören machten. Hiernach also

---

1 Ann. de Chim. et Phys. X. 431.

tritt die Elasticität der Spiralſeder an die Stelle der die Pendelschwingungen bedingenden Schwere; die Schwingungszeiten hängen ab von der Gröſse und Masse der Unruhe und von der Kraft der Spiralſeder. Werden beide, ebenso wie das Hinderniſs der Reibung, stets gleichmäſsig erhalten, so sind die Schwingungen isochronisch und die Uhr zählt stets gleichmäſsige Zeitabtheilungen. Hierzu wird die *Compensation*[1] erfordert, da die Wärme sowohl die Spiralfeder ausdehnt und dadurch minder elastisch macht,[1] als insbesondere auch den Ring vergröſsert und seine Geschwindigkeit vermindert. Damit die pendelartigen Schwingungen nicht aufhören, erhält die Axe des Ringes, die Spindel, zwei unter einem von der Gröſse des vom Ringe durchlaufenen Bogens abhängenden Winkel gegen einander geneigte oder auch einander gegenüberstehende Lappen, gegen welche das Räderwerk der durch eine Feder angespannten Uhr bei jeder Schwingung einen kleinen Stoſs ausübt. Eine Regulirung der Schwingungszeiten bewerkstelligt man durch eine geringe Verlängerung oder Verkürzung der Spiralfeder, indem diese durch Verkürzung mehr gespannt und elastischer wird, also die Geschwindigkeit der Unruhe beschleunigt. Eine allgemeine Formel zur Berechnung der Schwingungszeiten ist deswegen nicht möglich, weil die Gröſse des Ringes und die Elasticität der Spiralfeder unbestimmt sind.

c) Taktmesser, Taktpendel.

Auf das Gesetz, daſs vermittelst eines Pendels Zeiten von willkürlicher Länge meſsbar sind, hat man die Construction der musikalischen Taktmesser gegründet, unter denen das *Metronom* von Mälzel in Wien und das *Taktpendel* von Gottfried Weber die bekanntesten sind. Um die Einrichtung des erstern zu begreifen, muſs zuerst folgende einfache Betrachtung vorausgehn.

Soll ein Pendel in längern Zeiten schwingen, so müssen seine Längen den Quadraten dieser Zeiten proportional seyn, mithin erfordert ein Pendel für 2 Secunden schon die vierfache Länge des Secundenpendels und ist hiernach allerdings beschwerlich zu construiren, für noch gröſsere, in langsamen Tempo's der Compositionen vorkommende Zeitintervalle würde

1 S. Bd. II. S. 210.

aber die Construction der erforderlichen Pendel schon unmöglich werden, wenn man sie nicht zugleich für kleinere aliquote Theile des ganzen Taktes einrichten könnte. Man hat aber Mittel, sowohl die Schwingungszeiten als auch die Längen des einfachen Pendels willkürlich und selbst bis ins Unendliche zu vergröſsern, ohne die Länge des physischen Pendels abzuändern. Zu diesem Ende verlängert man die Pendelstange über die Schwingungsaxe hinaus und bringt in der erforderlichen Entfernung ein Gewicht $= p$ an, welches dann durch das eigentliche, das Pendel bewegende Gewicht $= P$ in entgegengesetzter Richtung bewegt werden muſs, und da wegen der Steiſheit der Pendelstange beide in gleichen Zeiten ihre Schwingungen vollenden müssen, so kommt bei beiden bloſs ihr Gewicht oder die bewegende Masse in Betrachtung, die einander allezeit entgegenwirken und deren Differenz die bewegende Kraft g bedingt. Es wird demnach $g : g' = P : P - p$ seyn, woraus $g' = g\left(1 - \frac{p}{P}\right)$ wird. Diese Gröſse in die einfache Formel für die Pendel substituirt wird

$$t = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{2\,l}{g}} \text{ und } t' = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{2\,l}{g'}},$$

wodurch man

$$t' = \frac{t}{\sqrt{\left(1 - \frac{p}{P}\right)}}$$

erhält. Hiernach wird, wenn $p = 0$ oder kein Gegengewicht vorhanden ist, $t' = t$, wächst aber um so mehr, je näher $\frac{p}{P}$ der Einheit kommt, wird unendlich, wenn $p = P$ ist, d. h. in diesem Falle würde das Pendel, wie ein im Schwerpuncte befestigter gleich langer und mit gleichen Gewichten versehener Waagebalken, gar nicht oscilliren, sondern in jeder Lage ruhn; würde endlich p gröſser als P, so erhielte t' einen negativen, übrigens auf gleiche Weise bedingten Werth, denn das Pendel müſste umschlagen und die Wirkung des gröſsern Gewichts p träte an die Stelle des früher gröſsern P.

Wenn in den angegebenen Formeln $t = t'$ gesetzt wird, g' aber einen andern Werth als g erhält, so muſs das l in der andern Formel gleichfalls einen verschiedenen Werth bekommen. Man erhält dann einfach

$$l' : g = l : g', \text{ also } l' = \frac{l\,g}{g'},$$

und, wenn man für g′ den gefundenen Ausdruck substituirt,

$$l' = \frac{l}{\left(1 - \frac{p}{P}\right)}.$$

Hiernach kann die Länge des physischen Pendels nach Willkür vergröſsert werden, wenn man $\frac{p}{P}$ der Einheit nahe bringt, auch ergiebt sich aus dem Vorigen von selbst, daſs $l' = l$ wird, wenn $p = 0$ ist, dagegen unendlich, wenn $p = P$. Eine willkürliche Verlängerung des Pendels ist also durch ein über der Schwingungsaxe angebrachtes Gegengewicht möglich. Beide angegebene Modificationen sind übrigens dem Wesen nach einander gleich, nämlich man kann durch das angegebene Mittel die Schwingungszeiten eines Pendels willkürlich vergröſsern, welches mit einer beliebigen Verlängerung desselben identisch ist.

Nach diesem Principe hat Mälzel sein *Metronom* construirt, dessen Bestimmung ist, das Zeitmaſs der Takte in den verschiedenen Tonstücken genauer anzugeben, als dieses durch die Ausdrücke der Componisten, z. B. *Allegro*, *Largo*, *Presto* u. s. w. möglich ist. Der Erfinder reiste in Deutschland, England und Frankreich und suchte überall die bedeutendsten Componisten für die Anwendung dieser bessern Methode zu gewinnen, welche auch gegenwärtig ziemlich allgemein aufgenommen ist. Das Metronom (von *μέτρον* das Maſs und *νόμος* das Lied, die Melodie, oder von *μετρονόμος* der Maſsaufseher, richtiger wohl von *μέτρον* das Maſs und *νόμος* das Gesetz, also das Maſs der gesetzlichen, richtigen Zeit) besteht aus einem schwarzen hölzernen Kasten in Form einer abgekürzten vierkantigen Pyramide A. Fig. 40. Im obern Deckel derselben ruht in kleinen Pfannen die dünne metallne Axe, wovon die hölzerne Stange dP lothrecht durchbohrt ist. Unten an dieser etwa 0,5 Z. breiten und 0,25 Z. dicken Stange ist eine Linse P befestigt, welche dieselbe pendelartig schwingen macht, an ihrem obern Ende aber ist das verschiebbare Bleigewicht p befindlich, dessen statisches Moment, also, nach der Bezeichnung in der Formel, dessen Werth, wächst, so wie man es höher hinaufschiebt. Auf der Stange von c bis d sind Zahlen aufgetragen,

auf welche das Gewicht p gestellt wird, und diese sind so abgemessen, daſs sie zugleich die Menge der Schwingungen des Pendels in einer Minute angeben, wobei sich von selbst versteht, daſs von diesen die gröſsern, die mit 160 anfangen, unten stehn und die kleinern, die mit 30 endigen, am obern Theile der Stange. Ist dann irgend eine Composition auf die hiernach übliche Weise bezeichnet, z. B. 𝅗𝅥 = 36 Mälz. oder ♩ = 60 Mälz. oder ♪ = 70 Mälz., so heiſst dieses, das richtige Tempo findet dann statt, wenn die im bezeichneten Tonstücke vorkommenden Noten von dem ihnen eigenen Werthe so lange gehalten werden, als eine Schwingung des Pendels dauert, bei welcher das Bleigewicht auf die angegebene Zahl gestellt ist[1].

Daſs hierdurch ein absolut genaues Taktmaſs angegeben werde, welches allerdings von groſser Wichtigkeit für den richtigen Vortrag der Musikstücke ist, unterliegt keinem Zweifel. Es versteht sich dabei von selbst, daſs beide Instrumente, das des Künstlers und des Componisten, gleichmäſsig eingerichtet sind, was sich jedoch bei jedem einzelnen leicht durch Vergleichung mit einer richtigen Uhr und Zählung der auf eine Minute gehörenden Schwingungen ausmitteln läſst. Allerdings wird die hölzerne Stange dem Einflusse der Feuchtigkeit ausgesetzt seyn und deswegen keine absolut scharfe Messung gestatten, allein sie bleibt für ihren Zweck immer noch hinlänglich genau, und wollte man einige Erhöhung des Preises nicht scheuen, so könnte man eine metallne Stange wählen und diese auf einer Messerschneide schwingen lassen. Immerhin behält die Maschine durch den groſsen Umfang der gemessenen Zeittheile, die sich leicht von halben Minuten bis etwa zu Drittel Secunden vermehren lieſsen, bei einer Höhe von nicht völlig 2 par. F. einen entschiedenen Vorzug.

Wohlfeiler dagegen und leichter selbst nur für Kunstliebhaber in einzelnen Fällen herstellbar ist Gottfried Weber's[2] pendelartiger *Taktmesser*, welcher zu gröſserer Bequemlichkeit mit dem Metronom correspondirt, so daſs gleiche Bestimmun-

---

1 Leipz. musikal. Zeitung 1813. Nr. 27 u. 48. S. 441. 1814. Nr. 27 u. 41. 1815. Nr. 5. Allg. Anz. d. Deutschen 1814. Nr. 74 u. 101.

2 Allgemeine Musiklehre zum Selbstunterricht für Lehrer und Lernende u. s. w. 1831. 8. S. XC. Leipziger musik. Zeit. a. a. O.

Digitized by Google

gen durch beide erhalten werden. Dieser besteht aus einem bloſsen Faden mit einer Bleikugel, kommt also dem einfachen Pendel sehr nahe und dient zur Taktmessung dadurch, daſs man bei ungleichen Längen des Fadens die Schwingungen der Kugel zählt. Zur gröſseren Bequemlichkeit des Messens lieſse sich die Kugel an einem schmalen seidenen Bande befestigen, auf welches die erforderlichen, dem Metronom correspondirenden Längen durch Zahlen gedruckt werden könnten und das man in einer Klemme durch aufwärts und abwärts Ziehen gehörig feststellte, um die erforderlichen Schwingungen zu erhalten, wie die Zeichnung dieses zu besserer Versinnlichung darstellt, Fig. 41.
worin p die schwingende Kugel und e die Klemme bezeichnet, die am Ende eines horizontalen Armes an einer verticalen Säule angebracht ist[1]. Allerdings ist ein bloſser Faden sowohl, als auch das vorgeschlagene Band dem Einflusse der Feuchtigkeit ausgesetzt, auch werden beide sich als elastisch etwas dehnen, allein die hieraus erwachsenden Unrichtigkeiten sind für den beabsichtigten Zweck ganz unbedeutend, indem dennoch die zu erreichende Genauigkeit gröſser ist, als sie verlangt wird. Weber hat zu gröſserer Bequemlichkeit die Zahlen des Mälzel'schen Metronoms auf die Längen des taktmessenden Pendels in rheinländischen Zollen, englischen Zollen und Metern reducirt, fängt aber erst mit der Zahl 50 an, weil für die niedrigern das Pendel zu lang werden würde, geht dagegen weit über die bis 160 reichende Grenze des Metronoms hinaus. Folgende Tabelle ist hieraus entstanden.

---

1 Die Figur zeigt den verticalen Durchschnitt einer 4,5 F. hohen Säule, an deren einer Seite Weber's Taktmesser, an der andern Mälzel's Metronom, welches jedoch aus einer feinen Messingstange und einer auf einer Messerschneide balancirten Linse besteht, dargestellt ist.

Met.	rl. Zolle	Meter	engl. Z.	Met.	rl. Zolle	Meter	engl. Z.
50	54,708	1,4298	56,340	100	13,677	0,3574	14,085
52	50,581	1,3220	52,090	104	12,645	0,3305	13,022
54	46,903	1,2258	48,302	108	11,725	0,3064	12,075
56	43,613	1,1399	44,914	112	10,903	0,2844	11,228
58	40,657	1,0626	41,870	116	10,164	0,2656	10,467
60	37,992	0,9929	39,125	120	9,498	0,2482	9,781
63	34,459	0,9006	35,487	126	8,615	0,2251	8,872
66	31,398	0,8205	32,334	132	7,848	0,2051	8,083
69	28,727	0,7508	29,584	138	7,181	0,1877	7,396
72	26,383	0,6895	27,170	144	6,595	0,1723	6,792
76	23,679	0,6188	24,385	152	5,918	0,1547	6,096
80	21,369	0,5585	22,007	160	5,342	0,1396	5,502
84	19,383	0,5065	19,961	168	4,845	0,1266	4,990
88	17,661	0,4615	18,188	176	4,415	0,1154	4,547
92	16,156	0,4225	16,638	184	4,039	0,1056	4,159
96	14,839	0,3878	15,283	192	3,709	0,0969	3,820

d) Pendel zum technischen Gebrauche.

Pendelartige Vorrichtungen der verschiedensten Art werden bei Maschinen vielfach gebraucht. Dahin gehören die in horizontaler Ebene beweglichen Balken mit starken Gewichten an ihren Enden, vermittelst deren die Schraubenpressen die Stempel, z. B. beim Prägen der Münzen, mit groſser Gewalt niederdrücken. Die Gröſsen znr Berechnung ihrer Wirkung werden aus ihrer Masse, der ihnen ertheilten Geschwindigkeit und der dabei in Betracht kommenden Länge der Hebelarme entnommen. Die Kugeln der bekannten *Regulatoren* (englisch *governor* genannt) mit den Stangen, woran sie befestigt sind, schwingen nach den Gesetzen des konischen Pendels. Hauptsächlich aber bedient man sich verticaler Stangen mit daran hängenden schweren Gewichten, um hierdurch eine Erleichterung beim Heben schwerer Lasten zu erhalten, ein Mittel, dessen man sich noch häufiger bedienen sollte, als bereits geschieht, namentlich zu solchen Bewegungen, welche die Umdrehung einer Kurbel erfordern, weil die menschliche Kraft minder vortheilhaft hierfür[1], als zur Bewegung eines Pendels, benutzt wird, vorausgesetzt, daſs die ungleiche Geschwindigkeit während der Dauer einer Oscillation nicht nachtheilig wirkt. Am vortheilhaftesten bedient man sich daher der Pendel bei solchen Maschi-

1 Vergl. *Kraft* Bd. V. S. 989.

nen zur Verstärkung der Kraft durch die Schwungbewegung derselben, bei denen die Masse absatzweise gehoben wird, z. B. bei den Brunnenschwengeln, den Maschinen zum Stoſsen der Butter u. s. w. Auch das Läuten der Thurmglocken ist eine sehr zusammengesetzte Pendelbewegung. Zuvörderst ist an sich klar, daſs die rücksichtlich der Länge und der Vertheilung der Masse ungleichen Körper, die Glocke selbst und der Klöpfel, nicht gleichzeitig (isochronisch) schwingen können, aber auch nicht dürfen, weil sonst der letztere mitten in der ersteren herabhängend gleichzeitige Schwingungen machen und den Rand überall nicht berühren würde. In der Regel schwingt die Glocke durch die höhere Lage ihres Schwerpunctes und die ihr vermittelst des Ziehens gegebene gröſsere Geschwindigkeit schneller, der Klöpfel erreicht sie beim Anfange der einen Schwingung, wird zurückgeschnellt und trifft sie wieder nach bereits begonnenem Rückgange. Um diesen periodischen Wechsel plötzlich eintreten zu lassen und den ersten Schlag sofort kräftiger zu machen, wird bei groſsen Glocken der Klöpfel vermittelst einer Gabel so lange festgestellt, bis die Glocke ihre regelmäſsigen Oscillationen angenommen hat.

Mehrfach bedient man sich der pendelartig schwingenden Hämmer zum Eintreiben von Keilen oder sonst zum Stoſse gegen bewegliche Lasten, indem man sie an einer Welle aufhängt und sie vermittelst eines horizontalen auf die Axe der Welle perpendiculär gerichteten Hebelarmes bis zu einer gewissen Höhe emporhebt, damit sie beim Herabfallen im Puncte ihrer gröſsten Tiefe den verlangten Stoſs ausüben. Bei einer solchen Vorrichtung macht zwar die Reibung der Welle und die schwer bestimmbare Länge des Pendels von der Umdrehungsaxe bis zum Mittelpuncte der Schwingung eine völlig genaue Berechnung fast unmöglich, allein da es hierbei zunächst nur auf eine genäherte Bestimmung des zu erreichenden Nutzeffectes aus der Masse und der Geschwindigkeit des schlagenden Hammers ankommt, so läſst sich die Aufgabe auf folgende Weise auflösen. Wird der Hammer aus der lothrechten Lage Fig. 42.
CP bis P′ gehoben, so daſs er den Elongationswinkel α mit der verticalen Linie CP bildet, so wird er auf der geneigten Ebene PP′ herabfallend am Ende die nämliche Geschwindigkeit erlangen, als ob er lothrecht von a bis P herabgefallen wäre. Derselbe fallt zwar nicht auf der Chorde, sondern bewegt sich

in der Curve, und erhält somit eine gröſsere Geschwindigkeit; allein wenn man dagegen die Reibung in Anschlag bringt und zugleich berücksichtigt, daſs die Schwingungen nur durch gröſsere Bogentheile geschehn, wodurch die Schwingungszeit verlängert, also die Geschwindigkeit vermindert wird, so folgt hieraus, daſs das gefundene Resultat vom wahren Werthe nicht bedeutend abweicht. Eben dieses gilt für den Fall, wenn der Hammer bis P″ gehoben wird, und es verhalten sich also die Fallräume bei verschiedenen Elongationswinkeln, wie aP : bP. Es ist aber für die Länge des Pendels (von der Schwingungsaxe bis zum Mittelpuncte der Schwingung) CP = l der Fallraum aP, bP der sinus versus des Elongationswinkels, also der durchlaufene Raum

$$s = l \text{ Sin. vers. } \alpha = l \cdot (1 - \text{Cos. } \alpha).$$

Um auf dem kürzesten und leichtesten Wege zu dem gesuchten Resultate zu gelangen, möge das einfache Secundenpendel als Einheit angenommen werden. Wird hiernach die Länge dieses Pendels als Einheit angenommen, so ist

$$s = 1 - \text{Cos. } \alpha$$

der vom Pendel in lothrechter Richtung bei dem Elongationswinkel = α durchlaufene Raum. Der Raum, welchen ein frei fallender Körper in einer halben Secunde durchläuft, ist $(\frac{1}{2})^2 g$, also $\frac{g}{4}$, und es verhalten sich also beide Räume

$$s' : s = 1 - \text{Cos. } \alpha : \frac{g}{4}.$$

Für ein Pendel von einer andern Länge verhält sich die Schwingungszeit wie die Quadratwurzel aus der Länge,

$$t : t' = \sqrt{l} : \sqrt{l'},$$

und wenn also die Länge und Schwingungszeit des Secundenpendels als Einheiten angenommen werden, so ist $t' = \sqrt{l'}$. Es verhalten sich aber die Geschwindigkeiten bewegter Körper direct wie die durchlaufenen Räume und umgekehrt wie die Zeiten, also ist

$$c' = \frac{s}{t} = \frac{1 - \text{Cos. } \alpha}{\sqrt{l'}},$$

und wenn diese Geschwindigkeit mit derjenigen verglichen wird, welche aus dem von einem frei fallenden Körper in einer halben Secunde durchlaufen wird, so ist

$$c' : c = \frac{1 - \text{Cos. } \alpha}{\sqrt{l'}} : \frac{g}{4},$$

und somit, wenn g = 15 par. Fuſs und die Länge des Secundenpendels = 3,05833 Fuſs als Einheit angenommen wird,

$$c' = \frac{4\,(1 - \text{Cos. } \alpha)}{g\,\sqrt{l}} = 0{,}45573\,\frac{(1 - \text{Cos. } \alpha)}{\sqrt{l}},$$

wodurch das Verhältniſs zwischen der Geschwindigkeit, der Länge und dem Elongationswinkel eines solchen Hammers gegeben ist, dessen Trägheitsmoment dann aus dem Producte seiner Masse in das Quadrat seiner Geschwindigkeit gefunden wird[1]. *M.*

Periode.

Periodus; Periode; ist im Allgemeinen ein Zeitraum, nach dessen Vollendung gleiche Erscheinungen immer wieder eintreten. Unter den in der mathematischen Chronologie vorkommenden Perioden ist die *Julianische*, deren Gebrauch Joseph Scaliger[2] eingeführt hat, die merkwürdigste, weil man gewohnt ist, alle verschiedenen Zeitrechnungen auf dieselbe zurückzuführen. Da von dieser im Art. *Cyclus* umständlich geredet worden ist, so erwähne ich hier nur einige andere Perioden. Die *griechisch-römische Periode* des Pagi sollte zu einem ähnlichen Zwecke in der Zeitrechnung dienen, wie die Julianische; da sie aber nie in Gebrauch gekommen, so ist es nicht nöthig, dabei zu verweilen[3]. Die *Hundssternperiode* (*annus magnus cannicularis*). Die Aegyptier haben nach Censorinus ein Jahr von 365 Tagen ohne Einschaltung gehabt, aber bald bemerkt, daſs in 4 Jahren der gleiche Stand der Sonne um einen Tag später eintrat, also der Anfang des Jahres in 4 × 365 = 1460 Jahren alle Jahreszeiten durchlief. Da sie ursprünglich den Anfang ihres Jahres auf den Früh-Aufgang des Sirius zu setzen gewohnt waren, so hieſs diese Periode von 1460 Jahren, nach welcher nämlich aufs neue der Früh-Aufgang des Sirius mit dem Anfange des Jahres zusammentraf, die Hundssternperiode. Daſs diese Periode 1322 Jahr vor unsrer Zeitrechnung anfing

1 Auf eine ähnliche Weise hat sich Hutton des Pendels zum Messen der Geschwindigkeit geschossener Kugeln bedient, wie Bd. I. S. 715. Art. *Ballistik* bereits gezeigt worden ist.

2 De emendatione temporum, Josephi Scaligeri opus novum, absolutum, perfectum etc. Francof. 1593. p. 198.

3 Ideler's Handb. der Chronologie. Th. II. S. 450.

und im 139sten Jahre unserer Zeitrechnung wieder anfing, zeigt Ideler, der auch alles, was die alten Schriftsteller hierüber angeben, gesammelt und verglichen hat[1].

Woher bei den Aegyptiern die *Phönixperiode* von 500 Jahren entstanden sey, ist unbekannt, aber glaublich ist es allerdings, daſs die Fabel von dem alle 500 Jahre eintretenden Wiedererscheinen des Phönix eine astronomische Bedeutung hatte[2].

Von den verschiedenen Perioden, die man für das Zusammentreffen der Mondphasen mit den gleichen Tagen des Sonnenjahres angegeben hat, ist in dem Art. *Cyclus* das Wichtigste erwähnt worden[3].

Die Perioden der Indier, welche viele Jahrtausende umfassen, gehören zwar sofern hierher, als sie sich an astronomische Begriffe anschlieſsen, sie scheinen aber keine auf wirkliche Beobachtungen und Berechnungen gegründete Periode zu seyn. Die Periode *Maha Yug* von 12000 Jahren der Götter oder $4320000 = 360 \cdot 12000$ Sonnenjahren scheint einen Zeitraum darstellen zu sollen, an dessen Anfang und an dessen Ende alle Planeten in Conjunction sind; aber nach Stuhr's Vergleichungen finden bei der Bestimmung des Anfangs dieser und ähnlicher indischer Perioden die seltsamsten Ungleichheiten statt[4]. Nach Stuhr's Meinung, welcher alle bekannten Nachrichten sorgfältig verglichen zu haben scheint, ist die ganze Sternkunde und Chronologie der Indier zu wenig genau, um ihr einen Werth beizulegen, und überdieſs scheinen diese Perioden erst in ziemlich später Zeit ausgedacht worden zu seyn[5], also keineswegs sich auf alte Beobachtungen zu beziehn. *B.*

Perpetuum mobile.

Unter einem *perpetuum mobile*, welches selten auch ein Selbstbeweger genannt wird, versteht man ein Etwas, das

1 Handbuch Th. I. S. 124.

2 Ebendas. Th. I. S. 183.

3 Montucla hist. des math. I. 162. und Ideler Th. I. S. 299. und an mehrern Stellen.

4 Stuhr Untersuchungen über die Sternkunde unter den Chinesen und Indiern. (Berlin 1831.) S. 120. 124.

5 Vergl. auch Montucla hist. des math. I. 427.

Digitized by Google

sich stets bewegt, ohne sofort die Frage zu berücksichtigen, was für eine Ursache diese stete Bewegung hervorbringt. Auf dem Mangel einer Bestimmung hierüber beruhen manche Abweichungen in den Ansichten der Gelehrten über diese vielbesprochene Aufgabe und es scheint mir daher nöthig, sogleich im Anfange die Begriffe hierüber gehörig festzusetzen.

Wenn man unter einem Perpetuum mobile im strengsten Sinne des Wortes ein Etwas versteht, was sich unausgesetzt, also in alle Ewigkeit hin bewegt, so gehört diese Untersuchung gar nicht in die Physik, denn diese ist mit den Erscheinungen der Natur und ihren Gesetzen beschäftigt, die sie aus der Erfahrung entnimmt, kann aber dabei die Frage nicht beantworten, ob die Natur selbst ewig dauern wird, weil die Erfahrung hierüber nichts zu bestimmen vermag, vielmehr liegt schon im Begriffe einer ewigen Dauer die Bestimmung der Unendlichkeit, welche der auf endliche Grenzen beschränkten Untersuchung der Natur fremd bleiben muſs. Soll daher die vielbesprochene Aufgabe in das Gebiet der mathematischen Naturlehre gehören, so muſs der Begriff selbst vorher erst hiernach abgeändert und genauer bestimmt werden. Von einigen Gelehrten ist dieses bereits geschehn, indem sie nicht sowohl die Zeitdauer der Bewegung, als vielmehr die bewegende Ursache berücksichtigten und dabei die Frage in Untersuchung nahmen, ob diese eine stets wirkende sey, oder eine allmälig, wenn auch noch so wenig, abnehmende, weil im ersteren Falle zugleich die stete Fortdauer, im letzteren das einstige Aufhören von selbst gegeben ist, ohne jedoch die Behauptung einer absolut ewigen Fortdauer positiv auszusprechen. Auf gleiche Weise wird in der Mathematik von unendlichen Reihen geredet und deren wirkliche Existenz als gegeben angenommen, weil bei ihnen durchaus kein Grund des Aufhörens vorhanden ist. Die metaphysische Betrachtung über die absolute Möglichkeit einer absolut ewigen Fortdauer muſs daher ganz bei Seite gesetzt werden, und auf gleiche Weise ist es daher zweckwidrig zu untersuchen, ob das Materiale eines Perpetuum mobile bei der Vergänglichkeit aller irdischen Dinge nicht endlich der Zerstörung unterliegen müsse, denn die Härte und Dauerhaftigkeit der Körper läſst sich stets vermehren, die Reibung und Abnutzung dagegen stets vermindern, ohne daſs man eine Grenze anzugeben genöthigt ist, über welche beides hinauszugehn nicht vermag.

Digitized by Google

Nach dieser auf die bewegende Ursache gegründeten Bestimmung giebt es zwei oft mit einander verwechselte Classen von Maschinen, die in das Gebiet des Perpetuum mobile fallen, die schon an sich durch ihren Namen kenntlich werden, wenn man das *perpetuum mobile physicum* von dem *perpetuum mobile mechanicum* unterscheidet [1].

Reden wir zuerst vom *perpetuum mobile physicum*, so unterliegt es keinem Zweifel, daſs es ein solches geben könne, da der Kreislauf der Dinge in der Natur ein stets fortdauernder, ununterbrochen sich erneuernder ist. Vermag man daher irgend eine solche, in der Natur vorhandene Kraft zur Bewegung einer Vorrichtung zu benutzen, so ist damit die Aufgabe gelöst. Verschiedene Mechanismen dieser Art sind in der Wirklichkeit gegeben, die man in dieser speciellen Beziehung oft nicht einmal hinlänglich beachtet. So ist unter andern unser Planetensystem ein wahres *perpetuum mobile*, nicht minder die sich um ihre Axe drehende Erde, ein Fluſs, welcher durch den unausgesetzten Wechsel der Verdunstung und des Niederschlags ununterbrochen flieſst, ein Barometer, dessen Schwankungen wegen nie fehlender Luftströmungen ohne Unterlaſs statt finden, die täglich oscillirenden Magnetnadeln; alle diese und unzählige andere Apparate bewegen sich unverkennbar beständig, aber die bewegende Kraft oder Ursache ist durch die Natur selbst gegeben, und sie gehören also insgesammt unter diejenige Classe von Vorrichtungen, die man mit dem gemeinschaftlichen Namen eines *perpetuum mobile physicum* benennen kann [2]. Nach diesem allgemeinen Principe wird dann auch die Frage zu beantworten seyn, ob das aus zwei trocknen elektrischen Säulen und einem Pendel bestehende *perpetuum mobile electricum* diesen seinen Namen wirklich verdiene. Es beruht dieses nämlich auf dem durch Erfahrung schwer auszumittelnden Satze, ob die fortgesetzte Entwickelung der Elektricität in solchen Säulen ohne die mindeste Veränderung der beiden angewandten Elek-

---

1 Kratzenstein Nov. Comm. Pet. II. 222. unterscheidet auf gleiche Weise das *perpetuum mobile naturale* vom *artificiale* oder *mechanicum*.

2 Dahin gehört auch Kratzenstein's nicht verwerflicher Vorschlag, die Ausdehnung der Metallstangen durch den gewöhnlichen Wechsel der Temperatur als mechanisches Bewegungsmittel zu benutzen. S. a. a. O.

Digitized by Google

tromotoren und der leitenden Substanz geschehn könne oder nicht, indem im erstern Falle die Frage bejaht werden müſste, im andern aber verneint[1].

Die hier aufgestellte Ansicht nebst den darauf gegründeten Bestimmungen scheint mir so einfach und klar, daſs ich es für überflüssig halte, noch etwas Weiteres hinzuzufügen. Ganz anders verhält es sich dagegen mit dem *perpetuum mobile mechanicum*, welches meistens verstanden wird, wenn von der Möglichkeit seiner Darstellung die Rede ist. Beim gesammten Maschinenwesen kommt nämlich vorzugsweise die bewegende Kraft in Betrachtung, sie erfordert in der Regel den gröſsten Aufwand, und manche übrigens höchst sinnreiche Constructionen können nicht in Anwendung gebracht werden, weil es an einem leicht zu erhaltenden und einfachen bewegenden Mittel fehlt. Man verfiel daher zuerst wohl des groſsen Nutzens wegen auf die Idee, ob es möglich sey, eine solche Maschine zu construiren, welche die Ursache ihrer Bewegung in sich selbst habe, oder welche durch ihre eigene Bewegung die bewegende Kraft stets wieder erneure, und als diese Aufgabe unerwartet groſse Schwierigkeiten darbot, so fand der menschliche Scharfsinn eben hierin einen bedeutenden Antrieb zur Anstrengung, um nicht an den hierbei zu überwindenden Hindernissen zu scheitern. Obgleich man daher den groſsen zu erzielenden Gewinn nie ganz aus den Augen verlor, so strebte man doch zunächst meistens nur nach einer wissenschaftlichen Lösung des an sich so wichtigen Problems. Hiermit beschäftigten sich seit den ältesten Zeiten bis auf diesen Augenblick nicht bloſs die mit den Gesetzen der Natur und der Bewegung wohl vertrauten Gelehrten, sondern hauptsächlich solche, die bei einiger, aber beschränkter, Kenntniſs der Mechanik ihren Kräften zu viel zutrauten, eben daher ihre unreifen Ideen sogleich durch einen Versuch zu realisiren strebten und dabei nicht selten durch zu groſsen Eifer mehr Zeit und Aufwand auf eine Reihe erfolgloser Proben verwandten, als mit ihren Verhältnissen verträglich war, so daſs schon mancher sein ganzes Vermögen und eine gute Existenz den vergeblichen Bemühungen dieser Art zum Opfer brachte. Schon aus dieser Ursache ist der Gegenstand keineswegs unwichtig, verdient vielmehr eine nähere Be-

1 S. *Säule, elektrische, trockne.*

Digitized by Google

trachtung, die sich jedoch füglich auf einen geringen Umfang beschränken läſst.

Vor allen Dingen ist die Frage von groſser Wichtigkeit, ob ein *perpetuum mobile mechanicum* überhaupt im Gebiete der Möglichkeit liege. Die Urtheile der Mechaniker hierüber sind verschieden, indem einige sich dafür, andere dagegen erklären, wovon die Ursache zum Theil an der nicht hinlänglich scharfen Feststellung der Aufgabe beruht, von welcher der beiden Arten des Perpetuum mobile eigentlich die Rede sey. Ohne daſs es mir der Mühe werth scheint, in eine Prüfung der einzelnen hierüber vorhandenen Aussprüche einzugehn, glaube ich durch folgende Betrachtungen die Sache in ein hinlänglich helles Licht zu stellen.

Daſs es irgend eine Maschine geben könne, welche in Ruhe befindlich die Ursache ihrer Bewegung im strengsten Sinne aus sich selbst nehme, ist ganz unmöglich, denn eine jede solche Vorrichtung muſs aus Materie bestehn und es gilt als ein unbestrittenes Axiom in der Physik, daſs die Materie die Ursache ihrer Ruhe und ihrer Bewegung nicht in sich selbst habe. Wollte man hiergegen einwenden, daſs alles Materielle allerdings die Wirkungen von Kräften zeige, namentlich die der Anziehungskraft, so würde man durch die Ansprüche an eine solche stetig wirkende Naturkraft aus dem Gebiete eines *perpetuum mobile mechanicum* in das des *physicum* übergehn, wie sich im Verfolge dieser Untersuchungen noch näher ergeben wird. Auſserdem ist die gesammte angewandte Mechanik nur auf einige wenige Fundamentalmaschinen, die Seilmaschine, den Hebel und die geneigte Ebene, beschränkt, bei denen zunächst nur das Verhältniſs der durchlaufenen Räume und der hierauf verwandten Zeiten für gegebene Kräfte und Lasten in Betrachtung kommt. Indem aber alle mögliche Constructionen hierauf zurückkommen, so setzt eine aus der bloſsen Anordnung der Maschinentheile von selbst hervorgehende Kraft die Entstehung eines Etwas aus dem Nichts voraus, welches im Gebiete der Naturlehre unzulässig ist, wo der Satz *ex nihilo nil fit* einmal als unumstöſsliches Axiom gilt, wie auch immer die speculative Philosophie über dessen Begründung urtheilen mag. Genau genommen sind auch alle diejenigen, welche die Möglichkeit eines *perpetuum mobile mechanicum* behaupteten oder gar sich mit

Digitized by Google

der Herstellung desselben beschäftigten, dieser nämlichen Meinung gewesen.

Ganz anders aber stellt sich die Sache dar, wenn man einräumt, daſs die Bewegung ursprünglich durch irgend einen Impuls gegeben werde und dann nur ohne Aufhören fortdauern solle. Diese Voraussetzung, von welcher alle Vertheidiger und Erfinder solcher Maschinen ausgingen, machte die Aufgabe ungleich verwickelter und schwieriger und leitete alle diejenigen irre, die sie nicht auf ihre ursprüngliche Einfachheit zurückführten. Ist nämlich einmal eine Bewegung gegeben, so fordert das Gesetz der Trägheit, daſs sie ewig fortdaure, wenn nicht Hindernisse dieselbe früher oder später durch ihre Reaction aufheben, und hierdurch ist die theoretische Möglichkeit eines *perpetuum mobile mechanicum* ohne Widerrede bündig bewiesen, weil man *in abstracto* annehmen darf, daſs die möglichen Hindernisse einer gegebenen Bewegung bis zum gänzlichen Verschwinden derselben sich beseitigen lassen. Darf man annehmen, daſs unser Planetensystem selbst ursprünglich durch irgend einen Impuls in Bewegung gesetzt worden sey und diese einmal erhaltene stets beibehalte, so ist auch dieses ein solches *perpetuum mobile mechanicum*, und wenn alle im steten Wechsel befindliche Naturkräfte anfangs in Thätigkeit gesetzt wurden, so kommt ein jedes noch jetzt vorhandenes physisches Perpetuum mobile auf ein anfängliches mechanisches zurück. Fruchtbarer als alle diese zu keinem nützlichen Ziele führenden Betrachtungen ist die zunächst bei der Sache liegende Anwendung, daſs ein jedes solches einfaches *perpetuum mobile mechanicum* keinen gröſsern Nutzeffect bringen könne, als die ursprünglich verwandte Kraft beträgt, weil der Nutzeffect eine zu überwindende Reaction voraussetzt, die der Action allezeit proportional seyn muſs, selbst wenn alle Hindernisse der Bewegung völlig beseitigt wären. Wenn man daher z. B. an einer sehr feinen Axe ein Rad befestigte, dabei den Widerstand des Mittels und die Reibung gänzlich aufhöbe und dasselbe dann in Bewegung setzte, so müſste diese einmal erhaltene Bewegung in Ewigkeit fortdauern. Eben dieses würde bei einem schwingenden Pendel und bei vielen andern Apparaten stattfinden müssen und die Erfindung eines *perpetuum mobile mechanicum* wäre sonach eben so einfach als leicht; aber eben diese Einfachheit und Leichtigkeit muſs alle diejenigen von ihrem vergeblichen Be-

Digitized by Google

mühen zurückschrecken, welche die wirkliche Ausführung desſelben aufgefunden zu haben sich schmeicheln, weil die hierbei vorausgesetzten Bedingungen, nämlich gänzliche Beseitigung der Reibung und des Widerstandes der Mittel, in der Wirklichkeit für irdische Gegenstände nicht erreichbar ist.

Es ist jedoch bekannt, daſs man bei dieser einfachen, aber allen andern zum Grunde liegenden Construction keineswegs stehn blieb, vielmehr die Lösung des groſsen Problems durch höchst zusammengesetzte und ungewöhnlich kunstreich gebaute Maschinen zu erreichen suchte, wodurch zwar die Uebersicht des Mechanismus erschwert, die Sache selbst aber dem erwünschten Ziele keineswegs näher gerückt wurde. Man könnte hierbei folgendes Princip zum Grunde legen. Ist einmal irgend ein Theil einer Maschine durch eine gegebene Kraft in Bewegung gesetzt, so kann er diese einem andern, mit ihm verbundenen, mittheilen, dieser einem folgenden, und so ins Unendliche. Würde hierbei unter der oben angenommenen Voraussetzung einer gänzlichen Abwesenheit aller Hindernisse der Bewegung die ursprünglich angewandte Kraft gar nicht vermindert, so müſste auch auf diesem Wege ein *perpetuum mobile mechanicum* möglich seyn, allein die Unmöglichkeit der letztgenannten Bedingung nicht gerechnet würde ein solches eine unendliche Menge von Theilen erfordern und liegt also ganz auſser dem Gebiete der bloſs auf das Endliche beschränkten Natur. Aber auch dieser Weg ist derjenige nicht, auf welchem man zum vorgesetzten Zwecke zu gelangen strebte, obgleich die Erfinder solcher Maschinen bei der wirklichen Ausführung zu den bereits vorhandenen Theilen stets neue hinzufügten oder hinzufügen zu müssen glaubten, wenn sich die bereits vorhandenen als ungenügend zeigten, vielmehr sollte der anfangs in Bewegung gesetzte Maschinentheil einen andern und dieser wieder einen andern und so fort alle mit einander verbundene bewegen, jedoch so, daſs ihre Anzahl eine endliche sey und der zuerst bewegte nicht nur in seine ursprüngliche Lage zurückgebracht würde, sondern auch durch die Bewegung der übrigen Maschinentheile eine seiner anfänglichen nicht bloſs gleiche, sondern diese sogar noch übertreffende Kraft erlangt habe, um diese dann aufs Neue mitzutheilen. Wenn man bei dieser hypothetischen Construction annimmt, daſs durch die Hindernisse der Bewegung in der ganzen, vorläufig unbestimm-

ten Menge der Maschinentheile von der ursprünglich mitgetheilten Kraft nichts verloren würde, so wäre eine solche, wie künstlich auch immer zusammengesetzte, Maschine dem Wesen nach keine andere, als die oben genannten einfachen, insofern ein jeder Maschinentheil als eine einfache, für sich bestehende, die anfängliche Bewegung erhaltende und ungeschwächt mittheilende Maschine betrachtet werden kann, weswegen auch das dort Gesagte hier Anwendung findet; man wollte jedoch durch mechanische Mittel die ursprünglich gegebene Kraft nicht bloſs erhalten, sondern auch noch so viel gewinnen, als durch die unvermeidlichen Hindernisse der Bewegung verloren wird. Bringt man aber auch diese Aufgabe auf die einfachsten Grundsätze zurück, so besitzen wir aller zahllosen und kunstreichen Combinationen ungeachtet nur zwei mechanische Mittel, nämlich den Hebel und die geneigte Ebene, die jedoch beide weder einzeln noch in ihrer Verbindung irgend eine neue Kraft erzeugen können, um dadurch den endlichen Stillstand der aus ihnen erbauten Maschinen in Folge der unvermeidlichen Hindernisse der Bewegung aufzuhalten [1].

Je auffallender aus diesen Untersuchungen die Unmöglichkeit hervorgeht, ein *perpetuum mobile mechanicum* zu construiren, um so mehr muſs man sich wundern, daſs so viele Männer in einem so langen Zeitraume unbeschreiblich viele Zeit und Mühe auf die Erfindung desselben verwenden konnten. Die Ursache hiervon liegt in dem bei den bisherigen Betrachtungen noch nicht berücksichtigten Umstande, daſs das mechanische Perpetuum mobile von dem physischen nicht gehörig geschieden wurde, indem man meistens eine stetig wirkende Naturkraft zur unablässigen Bewegung irgend einer Maschine benutzen, jene aber zugleich durch künstliche Combinationen so verstecken wollte, daſs es scheinen möchte, als ob der erhaltene Effect bloſs aus der Anwendung mechanischer Mittel hervorgegangen sey. Wenn wir hierbei von der durchaus ungenügenden Construction solcher Maschinen abstrahiren, deren Erfinder die Bewegung durch die Elasticität gespannter Federn hervorzubringen sich bemühten, die jedoch auf jeden Fall keine gröſsere Wirkung äuſsern kann, als die zu ihrer Spannung ver-

1 Eine ähnliche Betrachtung von Airy findet sich in Trans. of the Cambridge Roy. Soc. T. III. p. 369.

Digitized by Google

wandte Kraft an sich schon giebt, so bleibt einzig die Schwere übrig, welche einen stetigen Druck erzeugt und daher allerdings als eine ununterbrochen wirkende Kraft betrachtet werden kann. Man muſs jedoch berücksichtigen, daſs dieser Druck nur so lange stattfindet, als der Körper ruht, dagegen auf seine eigene Bewegung verwandt wird, sobald derselbe, in welcher beliebigen Bahn es seyn mag, zu fallen anfängt. Dieser im Fallen begriffene Körper erzeugt alsdann zwar allerdings durch Mittheilung eine seiner eigenen *quantitas motus* proportionale Bewegung, und dieses so lange, als er selbst fällt (worauf unter andern die Anwendung der Gewichte bei den Standuhren beruht), allein da die Schwere selbst eine Wirkung der Anziehung unsrer Erde und im Mittelpuncte der letztern = 0 ist, so muſs auch der durch sie erzeugte Fall der Körper endlich aufhören, es sey denn, daſs man die Aufgabe wiederum auf ein ganz einfaches *perpetuum mobile physicum* zurückführte und einen von der Oberfläche der Erde durch ihr Centrum nach der entgegengesetzten Seite fallenden und von da an zu seinem ursprünglichen Orte zurückkehrenden Körper annehmen wollte, was physisch unmöglich und gewiſs niemanden wirklich anzuwenden jemals in den Sinn gekommen ist. Die durch einen fallenden Körper erzeugte *quantitas motus* kann aber nie gröſser werden, als dazu erfordert wird, um einen gleich schweren Körper zu einer derjenigen gleichen Höhe zu bringen, wovon der erstere herabfiel, aber auch dieses nur unter der Bedingung, daſs durch die Hindernisse der Bewegung bei beiden nichts von der gegebenen Kraft verloren geht. Allerdings wird eine geringere Last durch eine gröſsere verhältniſsmäſsig höher gehoben und kann daher bei gleicher Geschwindigkeit beider auch eine längere Zeit in Bewegung erhalten werden; wollte man jedoch hierauf ein Perpetuum mobile gründen, so ist klar, daſs hierzu ein unendliches Gewicht erfordert würde, um ein gegebenes kleineres ohne Aufhören zu bewegen, oder das letztere müſste unendlich klein seyn, wenn seine Bewegung niemals aufhören sollte, welches beides abermals auſser den Grenzen der Natur liegt. Soll dagegen das ursprünglich bewegte Gewicht wieder an seinen anfänglichen Ort zurückgebracht werden, um seinen ersten Impuls wieder zu erneuern, so wird dazu eine der von ihm erzeugten ganz gleiche Kraft erfordert, welche aus seiner eigenen Schwere und der ihm mitgetheilten

Digitized by Google

besteht. Die erstere von diesen wird durch die erforderliche Hebung $= 0$, die letztere dagegen würde ohne vorhandene Hindernisse der Bewegung ohne Aufhören fortwirken, und dieses wird um so mehr der Fall seyn, je einfacher die nach diesem Principe gebaute Maschine ist, weil die Menge der angewandten Maschinentheile im Allgemeinen die Hindernisse der Bewegung im directen Verhältnisse vermehrt. Hiernach käme man jedoch auf die einfachen Vorrichtungen, z. B. ein schwingendes Pendel oder einen oscillirenden Waagebalken u. s. w., zurück, welche allerdings ohne alle Hindernisse der Bewegung unaufhörlich sich zu bewegen fortfahren würden, dennoch aber ist es gewiſs niemanden in den Sinn gekommen, sie zur Construction eines *perpetuum mobile mechanicum* zu benutzen, weil von einer gänzlichen Entfernung jener Hindernisse keine Rede seyn kann.

Nach diesen Betrachtungen, aus denen die Unmöglichkeit der Construction eines *perpetuum mobile mechanicum* unwidersprechlich hervorgeht, wird es überflüssig seyn, die vielen Versuche zur Lösung dieses Problems einzeln zu untersuchen, vielmehr scheint es mir zweckmäſsiger, Folgendes im Allgemeinen hierüber zu bemerken. Die gesammten bekannt gewordenen Mechanismen kommen darauf hinaus, durch den Fall eines gegebenen Gewichtes ein anderes zu heben und den dabei unvermeidlichen Verlust durch Benutzung der mechanischen Mittel, namentlich des Hebels und der geneigten Ebene, zu ersetzen; denn obgleich mitunter auch die Elasticität gespannter Federn hierbei in Anwendung gebracht wurde, so geschah dieses doch nur von denen, die mit den Gesetzen der Natur allzuwenig vertraut waren. Kein Körper ist nämlich in der Art vollkommen elastisch, daſs seine Rückwirkung gröſser oder auch nur gleich groſs seyn könnte, als die ihn zusammendrückende Kraft, indem es allgemein bekannt ist, daſs eine vollkommen elastische Kugel nach dem Falle eben so hoch steigen müſste, als sie herabgefallen ist, und also bei gänzlicher Abwesenheit der Hindernisse ihrer Bewegung unmittelbar ein *perpetuum mobile* geben würde [1]. In wiefern die Anwendung der geneigten Ebene, die man mitunter für herabfallende Kugeln zu benutzen gesucht hat, durchaus zwecklos ist, bedarf keiner weitern Er-

1 Vergl. *Elasticität* Bd. III. S. 177.

Digitized by Google

örterung, da bekanntlich der Fall der Körper auf vorgeschriebener Bahn durchaus mit dem freien Falle derselben übereinkommt und daher in den bisherigen Untersuchungen schon erledigt ist. Am meisten hat man die Anwendung des Hebels versucht, dessen Unzulässigkeit zur Erreichung des vorliegenden Zweckes jedoch aus folgender Betrachtung hervorgeht.

Die meisten Versuche einer Erfindung des Perpetuum mobile beruhn dem Wesen nach auf den Gesetzen des Hebels in der Art, wie dieselben sich am besten durch geometrische Construction anschaulich machen lassen, wenn auch die Gestalt der Maschinen und die Anordnung der Hebelarme nebst den sie bewegenden Lasten verschieden seyn mag. Ist nämlich der Ring oder das Rad AB überall gleichmäſsig dick und in seinem Centrum C auf einer Axe befestigt, befinden sich ferner die gleichen Lasten a, b, c, d in gleichem Abstande vom Mittelpuncte, so wird die Maschine in jeder Lage ruhn. Wäre es dann möglich, das Gewicht a an diejenige Stelle zu bringen, welche *α* einnimmt, so würde c mit einem der Länge seines Hebelarmes proportionalen Uebergewichte herabsinken. Auf den ersten Blick scheint nur eine unbedeutende Kraft erforderlich zu seyn, um die angegebene Ortsveränderung hervorzubringen, wenn namentlich die Bewegung in horizontaler Ebene stattfände, wobei also bloſs die Reibung zu überwinden wäre, die aus dem Ueberschusse der Hebelkraft leicht hervorgehn würde; allein man muſs wohl überlegen, daſs bei der angenommenen Anordnung der Theile ursprünglich gar keine bewegende Kraft vorhanden ist, wenn a in der horizontalen Lage sich befindet, mithin auch gar keine Bewegung desselben stattfinden kann, wie gering man auch die hierzu erforderliche Kraft annehmen mag. Diesem Mangel könnte jedoch in Gemäſsheit der vorausgegangenen allgemeinen Betrachtungen abgeholfen werden, wenn man vermittelst einer ursprünglich angewandten Kraft die erforderliche Bewegung hervorbrächte, und das *perpetuum mobile* wäre wirklich hergestellt, wenn demnächst das Uebergewicht am längern Hebelarme so viel betrüge, als erforderlich ist, um die Last a bei ihrer Rückkehr zur anfänglichen Stelle wieder an den Ort *α* zu bewegen und zugleich die Reibung der ganzen Maschine zu überwinden, weil dann die ursprünglich angewandte Kraft ohne Ende in ihrer ganzen Gröſse erhalten würde. Man übersieht jedoch bald, daſs durch die angegebene Ortsver-

Fig. 43.

änderung der Last a, auf welche Weise dieselbe auch bewerkstelligt werden mag, das Gewicht c herabsinken und an die Stelle von b gelangen würde, während α den Ort δ erhält. Nimmt man hierbei auf die Vertauschung der Buchstaben keine Rücksicht, so würden dann die Gewichte c, a, b und δ auf die Hebelarme wirken. Bei der hiernach erzeugten Bewegung, wenn nämlich c an die Stelle von b und α an die Stelle von δ gelangt, kann b durch seinen Fall nicht ganz bis an den Ort a emporsteigen, weil es zwar allerdings nach mechanischen Gesetzen eben so hoch steigen müſste, als es herabgefallen ist, dabei aber durch den Widerstand des Mittels, worin die Bewegung stattfindet, und durch Reibung etwas verliert. Dieser bei jeder Drehung stattfindende Verlust würde also die ursprünglich mitgetheilte Kraft allmälig erschöpfen und die Maschine wäre nichts anderes als ein Pendel, welches so lange oscillirt, oder eine Scheibe auf einer Axe, welche so lange herumläuft, bis die ursprünglich mitgetheilten Bewegungen durch die zu überwindenden Hindernisse erschöpft sind.

Wenn man von einer Fortdauer dieser ursprünglich mitgetheilten Bewegung abstrahirt und also bloſs annimmt, daſs durch eine anfänglich wirkende Ursache das Gewicht a in die Lage α gebracht, hierdurch also diejenige Bewegung erzeugt sey, vermöge deren c durch den Einfluſs des längeren Hebelarmes herabsinkt, bis es den Ort b einnimmt, wenn man ferner die Oscillation nicht berücksichtigt, vermöge deren das aus dem Orte c in den des b übergegangene Gewicht einigemale zwischen a und c oscilliren wird, so ist klar, daſs durch das Gleichgewicht der Lasten c und a und das Uebergewicht von b über δ die Maschine wieder in Ruhe kommen muſs. Zur Fortsetzung der Bewegung wäre dann erforderlich, daſs abermals a nach α versetzt würde, was jedoch keine Umdrehung der Maschine durch 90 Grade, sondern nur durch 45 Grade zu erzeugen vermöchte, wenn man auch hierbei die etwa erfolgende Oscillation nicht berücksichtigt, weil die beiden Lasten c und b durch ihre gleichen Uebergewichte nur in gleichem Abstande von einem durch C gehenden Perpendikel zur Ruhe gelangen können. Hieraus ergiebt sich schon unmittelbar, daſs selbst der Einfluſs einer anfänglich wirkenden Kraft allmälig abnimmt, indem eine solche, auf den Ort a beschränkte, bei der angenommenen Anordnung der Maschinentheile, weiter sich zu äuſsern aufhören und also

Stillstand erfolgen müſste. Soll dieses nicht geschehn, so wäre unter der Annahme einer anfänglichen Versetzung der Last a nach α erforderlich, daſs diese, in δ angelangt, wieder bis d in ihre ursprüngliche Lage gehoben würde. Daſs hierzu aber das gesammte Uebergewicht der Last c über die Last α erforderlich sey, ergiebt sich einfach, wenn man berücksichtigt, daſs beide als pendelartig in den Kreisbögen $p\,p'$ und $\pi\,\pi'$ schwingend anzusehn sind, diese Schwingungen sich aber auf die lothrechten Coordinaten $C\,p'$ und $C\,\pi'$ zurückführen lassen. Der Ueberschuſs des Fallraums ist hiernach $= \pi'\,p'$, und da dieser genau $= \mu\,\mu'$, also $=$ der Höhe ist, auf welche das dem Gewichte c gleiche Gewicht δ gehoben werden muſs, um an den Ort d zu gelangen, so wird das gesammte gewonnene Uebergewicht hierdurch erschöpft und die Maschine muſs stillstehn, sobald die ursprünglich mitgetheilte Bewegung zur Ueberwindung der unvermeidlichen Hindernisse verwandt ist; sie hat in sich keine fortdauernde Ursache der Bewegung und ist kein *perpetuum mobile mechanicum*.

Diejenigen, welche sich vergebens bemühten, auf dem angegebenen Wege zur Erreichung des erwünschten Zieles zu gelangen, würden sich hiervon gleichfalls ohne Mühe überzeugt haben, wenn sie bei dieser einfachen Construction stehn geblieben wären. Es unterliegt nämlich keinem Zweifel, daſs die angegebenen Schluſsfolgerungen auch dann noch stattfinden, wenn man statt der angenommenen 4 Gewichte eine beliebige Anzahl annehmen wollte; die Demonstration wird dadurch nur verwickelter und die Uebersicht schwieriger, wenn man die Wirkung aller in ihren verschiedenen Lagen berücksichtigen und das gemeinschaftliche Resultat in eins zusammenfassen will, wobei es keinem Zweifel unterliegt, daſs dasselbe kein anderes seyn kann, als wozu man weit leichter gelangt, wenn man die einander balancirenden Gewichte bloſs in ihren Hauptlagen, nämlich der horizontalen und der verticalen, berücksichtigt. Es folgt hieraus ferner von selbst, daſs durch die künstlichsten Vorrichtungen im Wesentlichen nichts gewonnen wird, wenn man z. B. statt der vier gewählten Cylinder deren 16 oder 30 oder sonst eine beliebige Menge nach gleichen oder ungleichen Zahlen in Anwendung bringt, oder statt einer Verschiebung des Gewichts a an den Ort α einer Drehung desselben um eine im Ringe AB befestigte horizontale Axe den Vorzug einräumt,

Digitized by Google

oder Kugeln lothrecht herabfallen und auf der geneigten Ebene oder in sonstigen Curven wieder gehoben werden läſst u. s. w.

Wenn aus diesen Betrachtungen die Unmöglichkeit folgt, ein *perpetuum mobile mechanicum* wirklich darzustellen, so wird es nunmehr genügen, nur die bekanntesten Maschinen, die diesen Namen erhalten haben, kurz namhaft zu machen, wobei ich jedoch diejenigen weglasse, welche unter die Classe des *perpetuum mobile physicum* gehören, als das Barometer von Coxe, die durch den Luftzug oder die Erschütterung bewegten Uhren des Le Paute[1] und Recorder[2], die Uhren mit Zamboni'schen Säulen u. s. w. Die unbestimmten Andeutungen älterer Maschinen dieser Art, z. B. durch Caspar Schott[3], Franciscus de Lanis[4] u. a., das unächte *perpetuum mobile*, welches Papinus und Bernoulli[5] prüften, und die groſse Zahl der sonstigen, zwar öffentlich bekannt gemachten, aber ohne nähere Untersuchung von selbst wieder vergessenen, also sicher ungenügenden Apparate verdienen keine nähere Erwähnung. Am meisten Aufmerksamkeit aber erregte das *perpetuum mobile* des Orffyrey (eigentlich Bessler)[6], welches sogar von einer gelehrten Commission, worunter sich auch Dr. Fr. Hoffmann und v. Wolff befanden, für ein solches erkannt wurde[7]. Den heftigsten Gegner fand diese Maschine an dem gelehrten Mechaniker Gärtner in Dresden, welcher sich öffentlich zur Zahlung von 1000 Reichsthalern erbot, wenn dieselbe nur vier Wochen sich unausgesetzt bewegen würde[8], wie denn schon früher auch Borlach[9] dieselbe für betrügerisch erklärt hatte. Der Landgraf Carl von Hessen-Cassel rief jedoch den berühmt gewordenen Künstler nach seiner Residenz, damit er ihm eine

1 Le Paute Traité sur l'Horlogerie. Par. 1755. 4. p. 129.

2 Journ. de Phys. XVI. 60.

3 Technica curiosa. Lips. 1664. Lib. X. Part. I. p. 732.

4 Magisterium naturae et artis T. I. L. VIII.

5 Acta Erud. Lips. 1686.

6 Gött. Taschenkal. 1797. S. 171.

7 Gründlicher Bericht von dem durch Herrn Orffyreum glücklich inventirten Perpetuo-mobili. Leipz. 1715. s'Gravesande oeuv. philos. Amst. 1774. T. I. p. 305. Acta Erud. Lips. 1715. p. 46.

8 Offerte von Eintausend Thaler gegen Herrn Orffyreus. Dresden 1717.

9 Borlach's Gegenbericht von dem Perpetuum-mobile, daſs dergleichen keins in natura geben könne. 1716.

Digitized by Google

solche auf dem Weiſsenstein daselbst aufzustellende Maschine verfertigen möge, womit derselbe auch zu Stande gekommen seyn, das Kunstwerk aber nachher selbst wieder zerschlagen haben soll[1]. Inzwischen bewog die beharrliche Behauptung Gärtner's, daſs in der vielbesprochenen Maschine eine bewegende Kraft dem Auge des Beobachters verborgen sey, den König August II. von Polen zu der Aufforderung, daſs auch er selbst eine solche mit einem versteckten Mechanismus zu Stande bringen möge, worauf derselbe drei Maschinen dieser Art construirte. Zwei von diesen waren von der Art, wie man sie noch jetzt zuweilen in Cabinetten findet, bei denen Kugeln ein Rad zu bewegen und durch dasselbe auf einer schraubenförmig gewundenen geneigten Ebene wieder in die Höhe gehoben zu werden scheinen, das eigentliche Triebwerk ist aber in dem Kasten verborgen, auf welchem die Maschine steht, und wird durch ein verstecktes Schlüsselloch aufgezogen.

Aehnliche Vorrichtungen mit einem künstlich verborgenen bewegenden Mechanismus sind die Uhren des Grollier de Servière[2], unter andern diejenige, wobei eine Kugel auf einer spiralförmig gewundenen geneigten Ebene herabrollte und dann durch eine Feder wieder emporgeschnellt wurde, oder wobei eine Kugel die Körper von zwei Schlangen durchlief, indem sie allezeit aus dem Maule der einen in den Schwanz der andern ausgespien wurde, ferner die durch Seiler in Ulm verfertigte Maschine[3], die bekannte, durch Borlach geprüfte Merseburger[4], das Rad von Charles Castelli[5], das anscheinend durch Kugeln getriebene von Conrad Schiviers und Isaac Blydensteyn[6], das Modell, welches Zoll und Koppe[7] vorzeigten, Thiville's[8] durch die Oscillationen und die Capillarität des Wassers anscheinend bewegter Apparat und an-

1 Neue Zeitung von gelehrten Sachen 1722. S. 344. Montucla Hist. de Math. T. III. p. 817.

2 Recueil d'ouvrages curieux de mathématique et de mécanique, ou description du cabinet de Mr. Grollier de Servière. Lyon 1719. 4.

3 Hallè Magie Th. I. S. 295.

4 Journal für Fabrik u. s. w. 1801. Febr. S. 98.

5 Esprit des Journaux. 1791. T. I. p. 386.

6 Repertory of Arts. T. VII. p. 165.

7 Allgem. Lit. Zeit. Halle 1804. Int. Bl. Nr. 5.

8 Repertory of Arts. T. XIV. p. 73.

dere. Einige Constructionen solcher Maschinen sind gewiſs oder vermuthlich nur im Plane entworfen und nie zur wirklichen Ausführung gekommen, z. B. von Neumann[1], Hantzsche[2], von dem bekannten Borlach[3], Peters[4] und Streng[5]. Auch der Vorschlag des berühmten Congreve[6], durch ungleich mit Wasser getränkte Schwämme eine fortdauernde Bewegung hervorzubringen, ist höchst wahrscheinlich nie in Ausführung gebracht worden. Kaum hat aber irgend eine der ältern Maschinen mehr Aufsehn erregt, als in der neuesten Zeit das durch den Uhrmacher Geiser aus Chaux de Fond verfertigte Rad, welches durch das Umlegen gegenseitig balancirter Cylinder sich selbst zu drehen und zugleich eine Uhr in steter Bewegung zu erhalten schien. Das Ganze war so sinnreich und schön gearbeitet und die treibenden Federn nebst dem dazu gehörigen unglaublich feinen Räderwerke, welches erst nach Wegnahme des Secundenzeigers aufgezogen werden konnte, waren in den auſserordentlich dünnen Stangen so kunstreich verborgen, daſs selbst geübte Mechaniker getäuscht und in ihrer Ueberzeugung von der Unmöglichkeit eines *perpetuum mobile mechanicum* wankend wurden, um so mehr, als die Maschine nach einmaligem Aufziehen sehr lange im Gange blieb. Aber auch bei dieser wurde der Betrug entdeckt, als das Stocken des Ganges nach dem Tode des Künstlers Veranlassung gab, den Apparat aus einander zu nehmen, und bei dieser Gelegenheit der abgehobene Secundenzeiger das Loch zum Einstecken des Uhrschlüssels verrieth[7]. Schwerlich werden nach diesem mislungenen Versuche künftig noch ähnliche Maschinen eine abermalige Täuschung veranlassen können und die auf ihre Construction zu verwendende groſse Mühe belohnen[8]. *M.*

---

1 Plan zur Erfindung derjenigen Maschine, welche in der Mechanik das Perpetuum mobile genannt wird. Lübeck 1767.

2 Nachricht von einer Maschine, die in einem Perpetuo mobili besteht. Dresden 1790.

3 Journal für Fabrik u. s. w. 1801. Febr. S. 93.

4 Fränkischer Mercur 1812. Nr. 270.

5 Busch Almanach der Erfindungen. Th. I. S. 153.

6 London Journ. of Arts. 1827. Mai. Daraus in Dingler's Journ. Th. XXV. S. 180.

7 Wunder der Mechanik, von J. W. M. Poppe. Tübingen 1832. Th. II. S. 29 ff., wo die Maschine ausführlich beschrieben ist.

8 Von den zahlreichen Schriften über den untersuchten Gegen-

Digitized by Google

Perspective.

Scenographie, perspectivische Zeichenkunst; *Perspectiva;* Perspective; *Perspective;* ist die Wissenschaft, welche lehrt, alle Gegenstände in einer Zeichnung auf gegebenen Flächen darzustellen. Wir bleiben meistens bei Zeichnungen auf der Ebene stehn, indeſs kommen in manchen Fällen auch Darstellungen auf krummen Flächen vor, wovon das *Panorama*[1] ein Beispiel giebt. Man unterscheidet die *Linearperspective* und die *Luftperspective*; die erstere giebt bloſs die richtige Lage der in der Zeichnung darzustellenden Puncte an, die letztere lehrt, wie die Gegenstände nach der Beleuchtung und Entfernung so dargestellt werden müssen,

---

stand erwähne ich, auſser dem eben genannten Werke von Poppe, hauptsächlich Montucla Hist. des Math. T. III. p. 813. Vorschläge zu Maschinen, die sich selbst in Bewegung setzen und erhalten sollen, findet man in Journ. des Savans 1678. p. 165. 1686. p. 9, 29, 95, 104. 1700. p. 245. 1726. p. 590. 1745. p. 29. Papinus (in Phil. Trans. XV. 1240. XVI. 138. 267. Acta Erud. 1688. p. 335. 1689. p. 322.) scheint die Möglichkeit eines *perpetuum mobile* nicht zu bezweifeln, eben so Desaguliers in Phil. Trans. XXXI. 234., aber Sturm in Mathes. Part. II. p. 356., Simon Stevin in Elementa Static. L. I. prop. 19., Parent in Mém. de l'Acad. Par. 1700. p. 159. und insbesondere la Hire in Mém. de l'Acad. X. 426. erklärten sich bestimmt dagegen, wie schon früher durch Peiresc (Camdeni epistolae. London 1691. p. 333 u. 337) und Keppler (epist. 1718. p. 393.) in Beziehung auf des Corn. Drebbel angebliche Erfindung geschehn war. Chr. Wolff im Mathem. Lexicon Leipz. 1716. S. 1041. leugnet die Möglichkeit eines *perpetuum mobile* nicht, vermuthlich weil er den Betrug bei dem des Orffyrey nicht aufzufinden vermochte, wohl aber zeigte D. G. Diez in seiner Dissertation: *Perpetui mobilis mecanici impossibilitas methodo mathematica demonstrata*, sowohl die Unzulässigkeit von diesem als auch die Unausführbarkeit der Vorschläge von de Lanis, Corn. Drebbel, Becher und Jerem. Miez aus Basel. Die Akademie zu Paris beschloſs 1775, gar keinen Vorschlag zur Construction einer solchen Maschine mehr anzunehmen. Mém. de l'Acad. 1775. p. 65. Neuerdings haben sich unter andern namentlich Carnot (Principes fondamentaux de l'équilibre et du mouvement. Par. 1803. 8. §. 231. deutsche Ueb. S. 297.), von Zach (Reichsanzeiger 1796. vom 6. Juni u. 17. Nov.) und Thomas Young (Lectures on nat. Phil. T. I. p. 91.) bestimmt über die Unmöglichkeit eines *perpetuum mobile mechanicum* ausgesprochen.

1 S. Art. *Panorama*.

daſs die Zeichnung der Natur gemäſs erscheine. Ein entfernter Berg oder Wald zeigt sich bekanntlich mit anderer Färbung, als nähere Gegenstände, und diese Ungleichheit nachzubilden ist das, was die Luftperspective lehren muſs. Hier werde ich nur von der Linearperspective reden.

Alle Regeln der Perspective beruhn auf dem Satze, daſs das Licht nach geraden Linien fortgeht. Man denkt sich daher von jedem Puncte des jenseit der Zeichnungstafel, d. i. jenseit der Ebene, auf welcher der Gegenstand dargestellt werden soll, liegenden Gegenstandes gerade Linien nach dem Auge gezogen und bestimmt die Puncte, wo diese in die Zeichnungstafel eintreffen; diese Einschnittspuncte geben auf der Tafel den Ort an, wo das Bild jedes einzelnen Punctes des Gegenstandes zu zeichnen ist, und aus ihrer richtigen Verbindung geht der richtige Umriſs des Bildes hervor, dem man dann aber noch durch Schattirung und Farbengebung die vollkommene Aehnlichkeit mit dem Gegenstande selbst zu geben sucht.

Das so hervorgehende Bild heiſst die *perspectiviſche Projection* des Gegenstandes, dagegen erhält man die *orthographiſche Projection*, wenn man von allen Puncten des Gegenstandes parallele Linien gegen die Zeichnungstafel oder Projections-Ebene zieht und durch sie das Bild desselben bestimmt.

Perspectiviſche Projection.

Die Lage des Auges, welches wir hier als einen Punct ansehn, muſs gegeben seyn. Man wählt die Entfernung des Auges von der Tafel kleiner, wenn Gegenstände, in denen kleine Theile unterschieden werden sollen und die auch im Ganzen nicht allzu ausgedehnt sind, dargestellt werden; für Gegenstände, die eine gröſsere Tafel füllen, muſs das Auge entfernter stehn, damit nicht die Gesichtslinien vom Auge nach den einzelnen Theilen des Gegenstandes gegen den Rand des Gemäldes hin eine zu schiefe Richtung erhalten. Ist der Ort des Auges ziemlich entfernt angenommen, so bemerkt man beim Betrachten des Bildes noch keine Verzerrung, wenn man das Auge nicht streng in den Punct bringt, wo das Auge des Zeichners seine Stellung hatte; bei geringen Entfernungen des Punctes, wo der Zeichner die Stellung des Auges annahm, muſs man sich bemühn, auch beim Betrachten der Zeichnung das Auge

Digitized by Google

in den richtigen Punct zu bringen, indem sonst die Verhältnisse der einzelnen Theile sich unrichtig darstellen[1].

Um die Regeln der perspectivischen Zeichnung deutlich zu machen, begnüge ich mich hier, die Zeichnungstafel als vertical anzunehmen. Bei diesen Regeln ist der *Augenpunct* von
Fig. 44. Wichtigkeit, nämlich der Punct A, in welchem eine vom Auge O auf die Zeichnungstafel DE gesetzte Senkrechte OA diese Tafel trifft. Es ist leicht zu überſehn, daſs eine jede Horizontallinie, die in eben der Horizontal-Ebene, wie das Auge selbst, liegt, sich auf der Tafel als ein Theil der durch A gezogenen Horizontallinie, die auch *der Horizont des Auges* heiſst, darstellen wird; denn alles, was in der durch O gelegten Horizontal-Ebene ist, erscheint dem Auge O in dieser Horizontallinie AB. An welcher Stelle die Endpuncte einer solchen, mit O gleich hoch liegenden Horizontallinie zu zeichnen sind, ergiebt sich aus dem Winkel, der zwischen OA und der von O nach einem der Endpuncte gezogenen Linie liegt; ist dieser $AOB = \alpha$, so ist $AB = OA \,.\, \text{Tang.}\, \alpha$.

Zu allgemeinern Betrachtungen giebt die Darstellung einer Figur LMN, die in einer andern Horizontal-Ebene liegt, Veranlassung. Hier heiſst die horizontale Ebene EF, in welcher alle Theile der Figur sich befinden, die *Grund-Ebene* und die Durchschnittslinie derselben mit der Tafel DE heiſst die *Grundlinie* EG. Was nun zuerst Linien betrifft, die mit der Grundlinie EG parallel sind, so erhellt leicht, daſs auch ihr Bild auf der Tafel ED mit EG parallel seyn muſs, indem LN mit der Ebene DE parallel ist und daher auch die Durchschnittslinie der Ebene OLN mit DE eine zu LN, also zu GE parallele Linie ln seyn wird. Um die Höhe zu bestimmen, wo dieses Bild zu zeichnen ist, muſs man die Höhe des Augenpunctes $AH = a$, den Abstand des Auges von der Tafel $OA = b$ und den senkrechten Abstand der Linien LN, $GE = k$ kennen; dann ist die Höhe des Bildes ln über GE durch $x = \frac{ak}{b+k}$ gegeben, da $b : a - x = k : x$ seyn muſs. Sehr weit hinaus liegende, zu GE parallele Linien, für welche k sehr groſs ist, haben also ihr Bild sehr nahe unter A, weil beinahe $x = a$ wird,

---

1 Simon über das Sehen der Gegenstände in stereogr. Projectionen. G. XXXII. 57.

wenn k sehr groſs ist. Ist eine in der horizontalen Ebene EF gezeichnete Linie LM senkrecht gegen GE, so geht ihr Bild auf der Tafel DE verlängert durch den Augenpunct A. Es ist nämlich offenbar, daſs OA, als parallel mit LM, ganz in der durch O und LM gelegten Ebene sich befinden muſs; die Durchschnittslinie dieser Ebene mit der Tafel DE geht also nothwendig durch A, und da das Bild der LM sich in dieser Durchschnittslinie befindet, so geht die Verlängerung dieses Bildes, nämlich die Verlängerung der geraden Linie lm, durch A. Um die Richtung der auf GE senkrechten Linie im Bilde zu zeichnen, verlängert man sie, bis sie in μ die GE trifft, und zieht $A\mu$, welche die ganze von μ bis ins Unendliche verlängerte Linie μL darstellen würde; um aber den richtigen Ort aufzuzeichnen, wo das Bild m eines Punctes M aufzutragen ist, würde man $OA : Am = M\mu : m\mu$ nehmen müssen, also $m\mu = \frac{a'k'}{b+k'}$, wenn ich die schiefe Linie $A\mu = a'$ und $\mu M = k'$ setze; heiſst $H\mu = c$, so ist $a' = \sqrt{(a^2 + c^2)}$.

Soll die Linie MN, welche horizontal ist, aber einen andern Winkel mit GE macht, auf die Tafel aufgezeichnet werden, so ist zuerst der Punct zu suchen, in welchem die Bilder aller mit MN parallelen Linien zusammentreffen. Es sey durch MN und das Auge O eine Ebene gelegt und diese durch eine horizontale, durch O gehende Ebene geschnitten, so ist die Durchschnittslinie beider gewiſs mit MN parallel; diese durch O mit MN parallel gezogene Linie trifft die Tafel DE in dem Puncte, wo ein unendlich entfernter Punct der MN aufzutragen wäre, und dieser ist allen mit MN parallelen Linien gemein, er ist also zugleich der *Gränzpunct*, über welchen hinaus das Bild der MN, selbst wenn man die Linie noch so weit über N hinaus verlängert, sich nicht erstreckt, und dieser Grenzpunct, der auch der *Vertiefungspunct* oder der *Vereinigungspunct* genannt wird, gehört allen mit MN parallelen Linien, da für alle eben die Schlüsse gelten. Um diesen Grenzpunct auf dem Horizonte AB aufzutragen, muſs man seine Entfernung von A durch AO. Cotang. $N\nu E$ bestimmen, wenn $N\nu E$ der wahre horizontale Winkel ist, den im Urbilde die Linie MN mit der Grundlinie macht. Die als Bild der MN aufzutragende Linie wird nun ihrer Richtung nach völlig bestimmt, wenn man MN bis zu ihrem Durchschnitte ν mit der Grundlinie verlängert und

Digitized by Google

durch v nach jenem Grenzpuncte eine gerade Linie zieht. Die Lage des Bildes der einzelnen Puncte M, N läſst sich dann nach ähnlichen Regeln wie vorhin bestimmen.

Aber theils um das Auftragen horizontaler Linien zu erleichtern, theils um über die wahre Lage der im Bilde schon dargestellten Linien in einer vorliegenden perspectivischen Zeichnung zu urtheilen, bedient man sich mit Vortheil des *perspectivischen Winkelmessers*, der nach folgenden Regeln gezeichnet wird. Auf der Zeichnungstafel bezeichnet man den Augenpunct
Fig. 45. A und zieht durch ihn AB als Horizont des Auges. Durch A zieht man auf der Tafel AO gegen AB senkrecht und macht AO gleich dem Abstande des Auges von der Tafel. In diesen als Hülfspunct aufgetragenen Punct legt man den Mittelpunct eines gewöhnlichen Transporteurs oder Winkelmessers und zieht durch seine Grad-Abtheilungen die Linien O 80°, O 70° und so weiter, wie die Figur zeigt. Die so auf dem Horizonte des Auges aufgetragene Gradtheilung dient als perspectivischer Winkelmesser. Die Puncte, wo diese Linien den Horizont AB treffen, sind die Grenzpuncte für die unter eben dem Winkel gegen die verticale Zeichnungstafel geneigten Horizontallinien; alle gegen dieselbe senkrechten Horizontallinien geben Bilder, die in A, wo 90° stehen muſs, zusammentreffen, alle, die unter 80° gegen die Grundlinie nach der rechten Seite geneigt sind, treffen im Bilde in dem mit 80° bezeichneten rechts liegenden Puncte zusammen u. s. w. Sind also nun in der horizontalen
Fig. 46. Ebene GFA′B′ Figuren oder einzelne Linien PQ, QR gezeichnet, deren Bild man in der Zeichnung Fig. 45 eintragen will, so zieht man die Linie A′B′, wo die Zeichnungstafel jene Horizontal-Ebene schneidet, und bezeichnet den Punct A′, über welchem senkrecht der Augenpunct liegt. Verlängert man nun die geraden Linien PQ, QR bis zu den Einschnittspuncten p′, r′ in diese Linie A′B′, trägt in die Zeichnung die Linie ab in der Höhe ein, wo die Horizontal-Ebene aus Fig. 46 liegt, nimmt $ap = A'p'$, $ar = A'r'$ und zieht von p, r die geraden Linien nach den gehörigen auf AB bemerkten Graden, den in Fig. 46 abgemessenen Winkeln gemäſs, so hat man, ihrer Richtung nach, die geraden Linien im Bilde richtig gezeichnet und PQR auf der Zeichnungstafel ist das richtige Bild des in der horizontalen Ebene gezeichneten Winkels PQR. In der Horizontal-Ebene sind die drei Winkel PQR,

Digitized by Google

STU, VWX mit parallelen Schenkeln gezeichnet, so daſs QR, TU, WX 70° gegen A'B', und PQ, ST, VW 50° geneigt sind, ihre Abbildungen weichen erheblich von dieser Gleichheit ab und noch mehr würde die Abbildung ungleich ausfallen, wenn eben so groſse, in einer andern Horizontal-Ebene liegende Winkel in die Zeichnung eingetragen werden sollten. Daſs man auch in der schon fertigen Zeichnung die Gröſse der horizontalen Winkel ebenfalls vermittelst dieses Winkelmessers oder der auf AB richtig aufgetragenen Grade abmessen kann, läſst sich leicht übersehn; denn wenn im Bilde QP auf 50° an der einen Seite, QR auf 70° an der andern Seite einschneidet, also jene 40° von der Senkrechten, diese 20° von der Senkrechten, so stellt PQR im Bilde einen Winkel vor, der im Urbilde = 60° ist. Durch dieses Hülfsmittel werden die Richtungen aller Linien zum Eintragen in die Zeichnung bestimmt, aber man bedarf nun auch eines *Längenmaſses* für die in einer bestimmten Horizonzal-Ebene liegenden Linien. Fig. 47 und 48 gehören wieder eben so zusammen, wie vorhin Fig. 45 und 46, in Fig. 48 sind die auf das Bild Fig. 47 einzutragenden Linien und Figuren in ihrer wirklichen Lage und Gröſse angegeben, immer aber wird vorausgesetzt, daſs diese Figuren in einer horizontalen Ebene liegen. Fig. 47. 48. Auch zum Behufe des Längenmaſses muſs der Einschnitt der Zeichnungstafel A'B' in die Horizontal-Ebene und der Einschnitt der Horizontal-Ebene a b in die Zeichnungstafel eingetragen werden.

Um die Regeln der Abmessung zu finden, sey in dem Urbilde eine Linie LM unter bekannter Neigung gegen A'B' gezogen und bis an diese Linie verlängert. Trägt man nun MN = ML auf A'B' auf und zieht LN, so ist offenbar, daſs auch alle mit LN parallele Linien L'N' gleiche Stücke auf A'B' und auf LM abschneiden, daſs man also im Bilde der LM gleiche Stücke abschneidet, wenn man die Parallellinien LN, L'N' richtig in das Bild einträgt. Dieses geschieht, wenn man auf AB den gehörigen Grenzpunct für diese Parallellinien nimmt, und dieser entspricht dem Winkel $90° - \frac{1}{2} a$, wenn a der Winkel ist, den LM mit der Linie A'B' machte. Die Figur zeigt einige Beispiele. LM macht mit A'B' den Winkel = 60° und hier sind also auch LN, L'N' unter eben dem Winkel nach der andern Seite geneigt. Trägt man in die Zeichnung am = A'M und zieht ml gegen den 60sten Grad des perspectivischen Winkelmessers, so ist ll'm ein Bild

der LL′M in Rücksicht auf die Richtung; nimmt man sodann mn = MN, mn′ = MN′ und zieht die Linien nl, n′l′ gegen den Punct 60° auf der andern Seite zu, so stellt ll′ einen Theil der LM vor, der = nn′ ist, und wenn ML′ = L′L, so ist l′ im Bilde die richtige Halbirung der lm, obgleich hier nicht ll′ gleich l′m ist. Eben so ist $\mu\lambda$ im Urbilde unter 80° Neigung gezeichnet, $\mu\nu = \mu\lambda$ genommen und $a\mu = A'\mu$, $a\nu = A'\nu$ in das Bild übergetragen; wurde nun $\mu\lambda$ im Bilde gegen den 80sten Grad gezogen, $\nu\lambda$ aber gegen den $(90 - \frac{1}{2} . 80)$, also 50sten Grad, so stellt $\mu\lambda$ im Bilde eine Länge vor, die der auf Urbild und Zeichnung gleich erscheinenden Länge $\mu\nu$ gleich ist. Und hiemit sind also alle Bestimmungen angegeben, die man für Horizontallinien, um sie richtig in das Bild einzutragen, fordern kann, so wie auch umgekehrt, wenn man $\lambda\mu$ im Bilde gezeichnet findet, sogleich erhellt, daſs ihr Urbild unter 80° gegen A′B′ geneigt seyn muſste; und weil sich daraus ergiebt, daſs das Lineal an λ und an den 50sten Grad der andern Seite gelegt werden muſs, um auf ab die wahre Länge der $\mu\lambda$ abzuschneiden, so ergiebt sich an dem auf ab gezeichneten Maſsstabe, wie groſs $\mu\lambda$ oder wie groſs $\mu\nu$ ist; auch für Theile von $\mu\lambda$ würde eben die Bestimmung anzuwenden seyn.

Fig. 47. Verticale Linien erscheinen auch auf der verticalen Zeichnungstafel vertical, weil die durch O und eine verticale Linie gelegte Ebene gewiſs vertical ist, also auch die Vertical-Ebene der Zeichnungstafel in einer Verticallinie schneidet. Um Verticallinien in das Bild einzutragen, muſs man zuerst ihren *Fuſspunct*, ihren Einschnittspunct in die bestimmte Horizontal-
Fig. 48. Ebene, deren Höhe noch immer durch ab angegeben seyn mag, eintragen. Es sey K dieser Fuſspunct und von ihm unter willkürlichem Winkel (ich nehme als Beispiel 70°) KI bis an A′B′ gezogen; dann nimmt man in Figur 47 ai = A′I, zieht ik auf den 70sten Grad des Winkelmessers zu und schneidet mit einer auf den 55sten Grad (nämlich $90° - \frac{1}{2} . 70°$) gehenden Linie pk, indem man ip = IP = IK genommen hat, k ab. Ueberlegt man nun, daſs eine in I an der Zeichnungstafel selbst stehende Verticallinie im Bilde ihrem Urbilde gleich ist und daſs eine unendlich entfernte über einem Puncte der IK stehende Verticallinie gar keine Gröſse mehr zeigen würde, so erhellt, daſs die wahre Höhe ih der Verticallinie in i errichtet werden muſs, daſs man von h nach jenem bestimmten Grade (dem 70sten

in unserm Beispiele), so wie von i Linien ziehen muſs und daſs nun kk′ das wahre Bild der in K errichteten Verticallinie, deren Höhe = i h ist, seyn wird. Die Linien v v′, u u′ stellen also gleich hohe Linien vor.

Die Regeln, wie geneigte über der Grund-Ebene sich erhebende Linien gezeichnet werden müssen, lassen sich hierauf gründen, da man die horizontale Projection und die Höhe jedes Punctes hiernach eintragen kann. Diese Regeln, so wie die Regeln zum Eintragen des Bildes geneigter Ebenen und andere ins Einzelne gehende hier vorzutragen würde zu weit führen.

Auch die Anwendung des Proportionalcirkels zu leichterem Abmessen der Linien einer perspectivischen Zeichnung und die Angabe der Maſstäbe, die man auf seine Schenkel aufträgt, muſs ich hier übergehn[1].

Orthographische Projection

oder *Vogelperspective* heiſst diejenige, wo das Auge unendlich weit hinaus rückt und daher die vom Auge nach den einzelnen Puncten der Gegenstände gezogenen Linien alle unter sich parallel sind, oder umgekehrt, wo jeder Punct des Urbildes durch Parallellinien auf die Tafel des Bildes projicirt wird.

Es erhellt leicht, daſs alle im Urbilde parallele Linien hier auch in der Abbildung parallel werden, indem der Grund, warum sie bei der perspectivischen Projection gegen einen Punct zusammen liefen, in der Nähe des Auges lag. Eben so erhellt, daſs gleiche Theile einer und derselben geraden Linie im Urbilde auch durch gleiche Theile im Abbilde dargestellt werden, denn die entsprechenden Puncte des Urbildes und Abbildes werden durch parallele Linien bestimmt.

Um auch hier die zu betrachtenden Fälle richtig zu übersehn, wollen wir zuerst wieder die in einer horizontalen Grund-Ebene gezeichneten geraden Linien auf die Tafel aufzutragen suchen. Wir nehmen hier nicht das Auge als gerade vor der Fig. 49. 50.
Tafel stehend an, sondern geben der Gesichtslinie eine horizontale *Abweichung* = α und eine *Neigung* = β; unter jener versteht man den Winkel, den eine durch das Auge gelegte Vertical-Ebene mit der auf der Zeichnungs-Ebene senkrechten

1 Lambert's kurz gefaſste Regeln zu persp. Zeichnung vermittelst des Proportionalcirkels. Augsb. 1768. Eytelwein's Handb. der Perspective. Berlin 1810. S. 83.

Digitized by Google

Vertical-Ebene macht, *die Neigung* dagegen ist die Neigung der unter sich parallelen Gesichtslinien gegen den Horizont. Ist in der Grund-Ebene eine Linie AL gezeichnet, welche eben die horizontale Abweichung hat, wie das Auge, so erscheint diese im Bilde wie al vertical, wenn ich die Zeichnungstafel vertical annehme; denn die durch A und das Auge gelegte Vertical-Ebene geht auch durch L. Um die Länge zu finden, durch welche AL im Bilde dargestellt wird, oder um das Bild l des Punctes L zu erhalten, muſs man $al = AL . \mathrm{Tang.}\ \beta$ nehmen, indem hier al, AL, β dieselben Gröſsen sind, wie in Fig. 43. μl, μL, μLl.

Legt man nun auf L den Mittelpunct des gewöhnlichen Winkelmessers und zieht durch die Gradpuncte die durch die Zahlen bezeichneten Linien (wobei hier die Abweichung des Auges $= 20°$ genommen und daher AL auf den 70sten Grad gerichtet ist), so hat man nur nöthig, eben die Abtheilungen von a aus auf die Grundlinie des Bildes aufzutragen und von l die Linien zu ziehen, so wie die Figur zeigt; auf diese Weise erhält man im Bilde einen richtigen Winkelmesser. Es stellen nämlich l 90°, l 80°, l 60° und so ferner das Bild der Linien L 90°, L 80°, L 60° des Urbildes richtig dar, weil immer beide Endpuncte richtig in das Bild übergetragen sind; aber nach der Natur der orthographischen Projection werden nun alle Linien des Urbildes, die mit einer der gegebenen Linien parallel sind, auch im Bilde mit dem zugehörigen Abbilde parallel seyn, und folglich haben wir in dem Bilde einen richtigen perspectivischen Winkelmesser. Um einen Längenmaſsstab zu erhalten, brauchen wir nur zu überlegen, daſs im Urbilde $ML = MN$ ist, wenn $LNM = 90° - \frac{1}{2}\, LMN$, also wird man auch im Bilde das wahre Maſs der ml finden, wenn man ln nach dem Puncte zieht, wo der Grad, welcher $= 90° - \frac{1}{2}\, LMN$ ist, steht. Ist pq eine andere im Bilde richtig gezeichnete Linie, so findet man ihre wahre Richtung im Urbilde, wenn man die Linie des perspectivischen Winkelmessers sucht, die mit ihr parallel ist, diese giebt die Neigung gegen die Grundlinie an. (In der Figur ist pq mit l 50° parallel, also macht PQ im Urbilde den Winkel $=$ 50° mit AB). Um die wahre Länge der pq abzumessen, zieht man pt, qs mit der Linie des Winkelmessers parallel, die 90 Graden weniger der eben gefundenen halben Gradezahl entspricht (hier, wo $90° - 25° = 65°$ ist, der Linie l 65° parallel), dann

Digitized by Google

ist st die wahre Länge der perspectiviſch dargeſtellten pq und ein auf ab aufgetragener Maſsſtab lehrt alſo die Länge jeder geraden Linie kennen, deren Urbild in der durch ab gehenden Horizontal-Ebene liegt.

Verticallinien erſcheinen auch im Bilde als vertical und zugleich in ihrer wahren Gröſse. Linien, die geneigt gegen die Grund-Ebene ſind, laſſen ſich hiernach vermittelſt ihrer horizontalen Projection und ihrer verticalen Höhe beſtimmen.

Dieſe orthographiſchen Projectionen geben uns den *Grundriſs* eines Gegenſtandes, wenn die Zeichnungstafel horizontal iſt und die Geſichtslinien vertical; ſie geben den *Standriſs*, wenn die Tafel vertical iſt und das Auge keine Abweichung und Höhe hat, ſondern die Geſichtslinien ſenkrecht auf die Tafel ſind. Ein ſolcher Standriſs iſt vortheilhaft, wenn man nur *eine* Seite des Gegenſtandes, eines Gebäudes zum Beiſpiel, darſtellen will. In andern Fällen, zum Beiſpiel um ein Inſtrument darzuſtellen, nimmt man lieber eine ſchiefe Richtung der Geſichtslinie und zwar ſo an, daſs die wichtigſten Theile, ohne einander zu verdecken, ſichtbar werden. In Hinſicht auf das Maſs der Linien und Winkel muſs man dann freilich die eben gegebenen Regeln berückſichtigen und der Zeichner muſs durch *Schattirung* zu bewirken ſuchen, daſs man die in einerlei Ebenen liegenden Linien oder Theile des Inſtruments als ſolche erkenne[1].

Isometrische oder isoperimetrische Perspective.

Unter dieſem Namen (von ἴσος, gleich und περίμετρος, Umfang) hat Farish eine vorzüglich für Maſchinen zweckmäſsige Darſtellungs-Art angegeben. Sie ſtimmt mit der orthographiſchen Projection inſofern überein, als das Auge in unendliche Entfernung hinausgerückt angenommen wird, nimmt aber für die Stellung des Auges diejenige beſtimmte Richtung an, welche mit den drei Haupt-Axen des abzubildenden Gegenſtandes gleiche Winkel macht. Sehr oft nämlich, und namentlich bei Maſchinen, liegen die wichtigſten Theile in drei gegen einander ſenkrechten Ebenen, deren eine ich horizontal, die andern zwei vertical nennen will; — auf dieſe Fälle iſt hier beſonders gerechnet. Man kann den Zeichnungen nach dieſer Methode

1 Ueber die Projectionen der Kugel-Oberfläche s. Art. *Landcharten* Bd. VI. S. 103.

die Darstellung eines Würfels zum Grunde legen, in dessen ei-
Fig. 51. ner Diagonale sich das Auge befindet. Man sieht alsdann alle drei gegen das Auge gekehrte Seiten des Würfels ganz gleich und alle Seitenlinien stellen sich in der Zeichnung gleich dar. Wenn auf den drei Seitenflächen des Würfels Kreise gezeichnet sind, deren Mittelpuncte in der Mitte jeder Seite liegen, so stellen auch diese sich, wenn sie gleiche Halbmesser haben, in gleichen elliptischen Projectionen dar, und offenbar werden alle Räder einer Maschine, die einer der drei Ebenen parallel sind, durch ähnliche Ellipsen dargestellt, die durch die Lage ihrer Axen leicht kenntlich werden, indem sie sich als Kreise zeigen, welche der ersten, zweiten oder dritten Ebene angehören. Die drei Haupt-Ebenen nennt Farish die isometrischen Ebenen. Die Kreise in ihnen stellen sich als Ellipsen dar, deren kleine Axe sich zur groſsen verhält, wie die Diagonale CD zur Diagonale EG, weil ja der Kreisdurchmesser einen gleichen Theil beider Diagonalen der wahren Würfelseiten ausmacht, und auch die Richtung beider Axen liegt in den eben genannten beiden Diagonalen. Da die Seitenflächen des Würfels als Rhomben dargestellt werden, deren Winkel $C = 120°$, der andre $= 60°$ ist, so hat man

$$GE^2 = DE^2 + DG^2 + 2\,DG^2 \,.\, \text{Cos.}\, 60° = 3\,DG^2,$$
$$DC^2 = DE^2 + DG^2 - 2\,DG^2 \,.\, \text{Cos.}\, 60° = 1\,.\,DG^2;$$

der Durchmesser des Kreises verhält sich zur Diagonale des um ihn beschriebenen Quadrats, wie $1 : \sqrt{2}$, und man hat daher die kleine Axe der den Kreis vorstellenden Ellipse

$$= \frac{DG}{\sqrt{2}}, \text{ die groſse Axe } = \frac{DG\,.\,\sqrt{3}}{\sqrt{2}},$$

oder, wenn die kleine Axe $= 1$ gesetzt wird, die groſse Axe $= \sqrt{3}$ und den isometrischen Durchmesser (wie Farish den mit einer isometrischen Axe parallelen Durchmesser nennt) $= \sqrt{2}$.

Es ist wohl nicht zu leugnen, daſs in Beziehung auf diese mit den isometrischen Ebenen parallelen Figuren diese Zeichnungs-Art sehr bequem zur Vergleichung der wahren Maſse der Theile ist; denn alle mit den isometrischen Axen parallel gezogene Linien werden nach ihrem wahren Maſse dargestellt, und man kann daher auch die in den isometrischen Ebenen nicht mit einer dieser Linien parallel liegenden Linien leicht nach ihrer richtigen Gröſse beurtheilen. Nur für Figuren oder

Digitized by Google

Maschinentheile, die nicht in einer jener Ebenen liegen, treten Schwierigkeiten ein, die ich hier nicht weiter anführen kann; es ist indeſs einleuchtend, daſs da, wo man solche Maschinentheile durch Linien, die den isometrischen Axen parallel sind, mit schon gezeichneten Theilen in Verbindung setzen kann, die Darstellung bedeutend erleichtert wird.

Farish rühmt wohl mit Recht, daſs diese Zeichnungs-Art sich sehr zweckmäſsig bewiesen habe, um darnach, selbst von weniger geübten Gehülfen, Modelle aus ihren einzelnen Theilen wieder zusammensetzen zu laſsen, wenn sie, bequemerer Aufbewahrung wegen oder nachdem einzelne Stücke zu andern Zwecken gedient hatten, zerlegt worden waren.

Eine ausgeführte Anleitung zu dieser Art von Zeichnungsprojection, angewandt auf Maschinen, Gebäude, Brücken u. s. w., wäre wohl zu wünschen[1].

Schattenzeichnung oder Skiagraphie.

Der bisherige kurze Abriſs von Regeln der Perspective betraf die Darstellung der Gegenstände selbst; aber man ist oft genöthigt, nicht bloſs die Schattirungen einzelner Theile der Gegenstände, sondern auch die eigentlichen Schatten selbst in die Zeichnung zu bringen. Die Schatten stellen sich dar auf den Flächen, denen durch zwischenliegende dunkle Körper die Erleuchtung entzogen wird, und diese Schatten sind es, die man *Schlagschatten* nennt. Ist es nur ein einziger leuchtender Punct, von welchem das Licht ausgeht, oder ist wenigstens der leuchtende Körper sehr klein, so wird der ganze Schatten gleich dunkel, als *Kernschatten*, erscheinen; sind aber mehrere Lichter da, oder ist der leuchtende Körper groſs, so findet sich der Kernschatten eines Körpers nur da, wohin gar kein Licht, von keinem der leuchtenden Puncte, gelangt, da hingegen, wo zwar die Lichtstrahlen einiger leuchtenden Puncte hingelangen, die Lichtstrahlen anderer leuchtender Puncte aber aufgefangen werden, ist ein *Halbschatten*.

Alle Regeln der Schattenzeichnung beruhn darauf, daſs man die geraden Linien von dem leuchtenden Puncte oder von

---

1 Transact. of the Cambridge Philos. Society. Vol. I. p. 10. und in O. Gregory Mathematik für Practiker, übersetzt v. Drobisch. (Leipz. 1828.) S. 178.

Digitized by Google

den leuchtenden Puncten, deren Lage gegeben seyn muſs, zu allen Puncten im Umfange des schattenwerfenden Körpers ziehe und sie bis zu den Flächen verlängere, auf denen der Schlagschatten sich zeigt. Ist es ein näher stehendes Licht von geringer Gröſse, so kommt die merkliche Divergenz der Lichtstrahlen in Betrachtung, wogegen für die Sonnenstrahlen die Richtung aller Strahlen parallel ist. Für gröſsere Lichter oder für das durch ein Fenster einfallende Licht des hellen Himmels finden wieder andere Regeln statt. Ich will nur von dem Falle, wo ein einzelnes Licht in naher Stellung in Betrachtung kommt, einige nähere Bestimmungen angeben.

Befindet sich das Licht hinter der Tafel, so läſst sich der Punct der Grund-Ebene, über welchem es steht, in dem Bilde angeben und auch die verticale Höhe des Lichtes richtig eintragen. Wird nun auch der den Schatten werfende dunkle Punct auf gleiche Art eingetragen, so liegt der Punct, wohin auf der horizontalen Grund-Ebene der Schatten fällt, in der geraden Linie, welche durch die zwei Puncte gezogen ist, die senkrecht unter dem leuchtenden Puncte und dem schattenwerfenden Puncte liegen; und da er auch in der durch den leuchtenden Punct selbst und durch den schattenwerfenden Punct selbst gezogenen geraden Linie liegt, so ist der Ort, wohin jedes einzelnen Punctes Schatten fällt, bestimmt. Steht also zum Beispiel ein pyramidalischer Körper auf der Grund-Ebene, so ergiebt sich sein Schatten. Wenn in dem Raume, den er auf der Grund-Ebene verdunkeln sollte, ein anderer Körper den Schatten auffängt, so ist es für eine verticale, den Schatten auffangende Ebene wieder leicht, den Schatten zu zeichnen, da man die Projection des beschatteten Punctes auf die Grund-Ebene und die Höhe, die der Schatten über dieser Projection hat, durch eben die vorhin angegebenen Linien bestimmt. Ist die Ebene schief, von welcher der Schatten aufgefangen wird, so muſs man die Einschnittslinie der Vertical-Ebene, die durch den leuchtenden und den schattenwerfenden Punct gelegt ist, mit der schiefen Ebene bestimmen und dann auf dieser Durchschnittslinie den beschatteten Punct vermittelst der geraden Linie durch jene beiden Puncte angeben.

Etwas schwieriger sind die Regeln für die Bestimmung des Schattens, wenn das Licht sich *vor* der Tafel befindet. Es liege der Tafel näher, als der Standpunct des Auges, so läſst sich

Digitized by Google

der ſcheinbare Ort des Lichtes auf der Zeichnungstafel angeben; der Ort nämlich, wo eine durch das Auge und das Licht gezogene gerade Linie die Tafel trifft. Es iſt aber offenbar ſo, als ob die Lichtſtrahlen von dieſem Puncte ausgingen, und ſo ergiebt ſich, wenn der ſchattenwerfende Punct gehörig eingetragen iſt, die gerade Linie, in welcher jeder beſchattete Punct in dem Bilde ſich befindet. Um dieſes etwas genauer zu überſehn, trägt man, angefügt an die zur Zeichnung beſtimmte Tafel, Hülfslinien auf, die ſich auf die wahre Lage des Lichtes und des Auges beziehn. Iſt nämlich DE die Zeichnungstafel, A der Augenpunct, Aa vertical gezogen, ſo nimmt man aO gleich dem horizontalen Abſtande des Auges von der Tafel und zeichnet K in der Lage gegen die Grundlinie aE, wie die Projection des Lichtes auf die erweiterte Grund-Ebene es fordert, nämlich aI = der Entfernung des Lichtes von der Mitte der Tafel nach einer mit der Tafel parallelen Richtung gemeſſen, KI = dem ſenkrechten Abſtande des Lichtes von der Tafel. Die verlängerte Linie OK giebt dann durch ihren Einſchnittspunct L den Punct an, ſenkrecht über welchem der ſcheinbare Ort des Lichts zu zeichnen iſt. Um die Höhe LM des Lichtes einzutragen, zieht man IN vertical und der Höhe des Lichtes über der Grund-Ebene gleich, wo dann die gerade Linie AN bis M verlängert den richtigen Punct M, wo dem Auge das Licht auf der Tafel erſcheint, abſchneidet. Daſs die von M ausgehenden Linien die Strahlen des Lichts vorſtellen, iſt offenbar, und daſs alſo eines im Bilde vorkommenden Körpers P Schatten nach PQ zu fällt, iſt auch einleuchtend. Stellt PR einen auf der Grund-Ebene ſtehenden verticalen Stab vor, deſſen Fuſspunct R richtig eingetragen iſt, ſo ergiebt ſich die Richtung des Schattens RQ durch die von K ausgehende Linie KRQ; denn es iſt offenbar, daſs die durch den Fuſspunct des Lichts, durch den Fuſspunct des Stabes und durch das Auge gelegte Ebene, weil das Auge ſich in ihr befindet, eine ſolche Durchſchnittslinie mit der Zeichnungstafel bildet, daſs dieſe mit KS in einer geraden Linie ſich darſtellt. So iſt alſo RQ der Schatten der verticalen Stange PR auf dem horizontalen Boden. Fig. 52.

Abſpiegelungen.

Es ſcheint etwas ſchwierig, wenn eine Spiegelfläche in dem Bilde vorkommt, die Gegenſtände richtig als abgebildet

Digitized by Google

im Spiegel einzutragen, die das Auge in seinem angenommenen Standpuncte wirklich im Spiegel sehn würde; gleichwohl ist in vielen Fällen auch dieses gar nicht schwierig. Ist die Spiegelfläche horizontal, z. B. eine Wasserfläche, so liegen alle Bilder im Spiegel mit ihrem Urbilde in einerlei Verticallinie und ebenso tief unter der Spiegelfläche, als das Urbild darüber liegt; man hat also nur nöthig, diesen Punct der Verticallinie gehörig aufzutragen. Steht der Spiegel vertical, so muſs man sich alle in der Zeichnung dargestellte Gegenstände in ihrem richtigen Orte hinter dem Spiegel noch einmal vorstellen und diese Spiegelbilder, als ob es wirkliche Gegenstände wären, in die Zeichnung eintragen; sofern diese in dem Raume des in der Zeichnung dargestellten Spiegels Platz finden, nimmt man sie wirklich auf, und hat so im Bilde die richtigen Gegenstände, die das Auge im Spiegel sieht, als abgespiegelt dargestellt. Für geneigt stehende Spiegel sind die Regeln zwar nicht mit so wenigen Worten auszusprechen, beruhn aber auf gleichen Ueberlegungen.

Geschichte der Perspective.

Nach der Erzählung des Vitruvius hat schon Agatharchus zur Zeit des Aeschylus zum Behuf der Decorationen für theatralische Darstellung Regeln perspectivischer Zeichnungen angegeben, die so genügend waren, daſs man die Gegenstände als näher oder entfernter zu sehn glaubte, obgleich sie alle auf einer Ebene dargestellt waren. Democritus und Anaxagoras sollen über diesen Gegenstand geschrieben haben. Vitruvius, der dieses erzählt, spricht von dem, was die Darstellung in Abbildungen leisten soll, nur sehr kurz, doch scheinen seine Andeutungen auf richtige Begriffe gegründet zu seyn, so daſs man wohl annehmen darf, daſs bei den Alten schon einige Kenntniſs perspectivischer Zeichnungsregeln statt fand[1]. Auch Euklid's Optik enthält mehrere zur Perspective gehörige Lehrsätze. Ptolemaeus hat bei der Entwerfung der Kugelfläche in stereographischer Projection Regeln der Perspective befolgt. In der spätern Zeit tritt die Perspective erst um das Jahr 1500 wie-

1 M. Vitruvii Pollionis de architectura libri decem; im 2ten Cap. des ersten Buchs und in der Einleitung des 7ten Buchs. Ueber die Auslegung dieser Stelle s. Lambert's freie Perspective S. 10.

der hervor. Etwa um diese Zeit hat zuerst Leonardo da Vinci einen Tractat über die Perspective geschrieben, der aber nicht gedruckt worden ist. Kurz nachher haben mehrere Italiener Bücher über die Perspective bekannt gemacht, unter denen Montucla vorzüglich Pietro del Borgo S. Stefano, Baltas. Peruzzi, Ign. Dante, Dan. Barbaro nennt, die aber zum Theil neuer sind, als Albrecht Dürer, dessen Buch: Unterweisung der Messung mit dem Cirkel und Richtscheit, zuerst 1525 erschien. Dieser hat auſser richtigern perspectivischen Regeln auch Instrumente zu richtiger Darstellung der Gegenstände angegeben. Dagegen bemerkt Lambert, daſs selbst in einem nach Dürer erst erschienenen Buche die Zeichnungen so sind, daſs nicht für alle Gegenstände einerlei Augenpunct angenommen ist, sondern drei oder vier verschiedene Augenpuncte. Ubaldi und Aquilonius schrieben im Anfange des 17ten Jahrhunderts und zahlreiche Schriftsteller, die von Montucla, Lambert, Priestley und Klügel angeführt werden[1], folgten ihnen. Keiner von diesen hat aber, wie Lambert versichert, das richtige Eintheilen der Horizontallinie angegeben oder den perspectivischen Winkelmesser erfunden, sondern auf diese sind fast gleichzeitig Lacaille in seinen *leçons d'Optique* und Lambert in seiner freien Perspective gekommen. Lambert hat sich auch durch viele andere bequemere Regeln und durch die Anleitung zum Gebrauche des Proportionalcirkels um die Perspective verdient gemacht. Kurz nach ihnen schrieb Karsten eine sehr ausführliche Perspective[2], worin er sich, so wie Kästner schon früher gethan hatte, der analytischen Formeln bedient. Monge hat in seiner *géométrie descriptive*, deren Zweck die Darstellung *geometrisch bestimmter* Körper oder Flächen auf einer Ebene ist, neue Untersuchungen mitgetheilt, welche die Darstellung der Durchschnittslinien gegebener krummer Flächen und andrer geometrisch bestimmter Linien erleichtern[3]. Neuere Lehrbücher der Perspe-

1 Montucla hist. des math. I. 706. Lambert im 2ten Theile der zweiten Auflage der freien Perspective oder Anweisung, jeden persp. Aufriſs ohne Grundriſs zu zeichnen S. 15. 38. Priestley und Klügel in der Geschichte der Optik S. 78.

2 Als 7ter Theil seines Lehrbegriffs, welcher 1818 noch einmal von Mollweide herausgegeben worden ist.

3 Monge géom. descriptive, nouv. édition, avec un supplément par M. Hachette. Paris 1811.

ctive sind ziemlich zahlreich erschienen; ich führe hier nur zwei an, die ihren Zweck sehr gut erfüllen: J. A. Eytelwein's Handbuch der Perspective. 2 Theile. Berlin 1810. (wo die Zeichnungsregeln im ersten Theile vorgetragen sind und, was nicht ohne Unbequemlichkeit ist, die Beweise im 2ten Theile). J. E. Hummel, die freie Perspective, erläutert durch Beispiele hauptsächlich für Maler und Architecten. Berlin 1824. (ein Buch, das von denen, welche sich mit Malerei beschäftigen, als sehr zweckmäſsig empfohlen wird). *B.*

Perturbationen.

Störungen der Bewegungen der Himmelskörper; *Perturbationes motuum coelestium*; Perturbations des mouvemens célestes; *Perturbations.* Wenn ein einziger Planet um die Sonne liefe, so würde dieser eine genaue Ellipse um den Schwerpunct beider Weltkörper beschreiben; aber da in unserm Sonnensysteme alle Planeten auf jeden einzelnen durch ihre anziehende Kraft wirken, so entstehn dadurch Abweichungen der Bewegungen von der genauen elliptischen Bahn, und diese sind es, die wir Störungen der regelmäſsigen Bewegung nennen oder der *Störung, Perturbation* durch die andern Körper, zuschreiben.

Diese Störungen sind zum Theil so beschaffen, daſs sie einen immer mehr zunehmenden Werth erhalten und daher, obgleich sie an sich klein sind, doch im Laufe der Jahrhunderte erheblich werden; sie werden durch die *Säcular-Aenderungen* der Elemente der Bahnen angegeben. Andre Störungen sind periodisch und bringen eine nur eine Zeit lang zunehmende, dann wieder zunehmende, also *periodische* Abweichung des Planeten von seinem eigentlichen elliptischen Orte hervor; wenn die Perioden dieser Aenderungen sehr lang sind, so kann die Beobachtung eine stets zunehmende Aenderung anzugeben scheinen, wie es mit der Säculargleichung des Mondes, die eine immer mehr verkürzte Umlaufszeit anzugeben scheint, der Fall ist, obgleich auch diese Verkürzung der Umlaufszeit nach einem sehr langen Zeitraume wieder in Verlängerung übergeht.

Die Theorie sollte nun eigentlich die Frage beantworten, wie die Bewegung des einen Himmelskörpers beschaffen ist,

Digitized by Google

wenn auſser dem Hauptkörper, der Sonne, noch mehrere andere Körper auf jenen einwirken. Diese Frage wäre ungemein schwierig; aber glücklicher Weise sind alle Störungen so klein, daſs man nicht alle störende Körper zugleich, sondern immer nur *einen* in die Rechnung zu ziehn braucht und zuletzt alle Störungen des zweiten, dritten, vierten Körpers in eine Summe bringen kann. Wären die Massen der Planeten viel gröſser und wären die Planeten einander näher, so würde diese Vereinfachung nicht statt finden. Die Untersuchung kommt also darauf zurück, zu bestimmen, wie ein um den Centralkörper laufender Körper von seiner elliptischen Bahn abweicht, wenn noch *ein* in bekannter Bahn sich bewegender Körper anziehend einwirkt. Das Problem ist daher unter dem Namen des *Problems von drei Körpern* bekannt.

Newton suchte zuerst, nachdem er die allgemeinen Gesetze der Bewegung entdeckt hatte, auch die Störungen des Mondlaufs, das Zurückgehn der Mondsknoten, das Wanken der Erdaxe u. s. w. zu bestimmen[1]; aber die Anwendung der höhern Analysis erlaubte später eine genauere Auflösung jenes Problems, welche von Euler, d'Alembert und Clairaut zuerst versucht[2], nachher von Lagrange, Laplace, Poisson, Gauss, von Lindenau, Bessel, Encke, Hansen und andern weiter geführt worden ist.

Die ganze Untersuchung läſst sich nach Lagrange's sehr klarer Darstellung unter folgende Uebersicht bringen. Die Bewegung eines bloſs von der Sonne angezogenen Planeten wird durch drei Differentialgleichungen des zweiten Grades ausgedrückt, bei deren Integration also sechs beständige Gröſsen in die Rechnung kommen. Diese Constanten sind die sechs Elemente der Bahn und der Bewegung des Planeten oder sie sind Functionen derselben. Wenn man auf die Anziehung eines dritten Körpers Rücksicht nimmt, so lassen sich jene Differentialgleichungen nicht mehr integriren; aber die hinzugekommenen

---

1 Principia. III. propos. 22. 25. u. folg.

2 Ihre Untersuchungen finden sich in folgenden Schriften: L. Euleri theoria motus lunae. 1753. L. Euleri theor. motuum lunae. 1772. D'Alembert récherches sur différ. points du système du monde und opusc. mathem. Tom. V. VI. Clairaut sur la théorie de la Lune. 1750.

Digitized by Google

Glieder sind, weil sie die Masse des störenden Körpers oder vielmehr die sehr kleine Zahl, welche das Verhältniſs dieser Masse zur Masse der Sonne ausdrückt, enthalten, sehr klein, und man erhält daher, wenn man die Integration so ausdrückt, wie es mit Weglassung dieser Glieder geschehn müſste, statt der beizufügenden beständigen Gröſsen vielmehr Gröſsen, die einen kleinen veränderlichen Theil enthalten, dessen Bestimmung von jenen Gliedern abhängt. Den Werth dieses veränderlichen Theils kann man durch Näherung finden, und so wie bei der bloſsen Wirkung der Sonne jene sechs Gröſsen die unveränderlichen Elemente der Bahnen gaben, so erhält man jetzt aus ihnen veränderliche Elemente der elliptischen Bewegung, d. h. man erhält für jeden Zeitpunct eine die wahre, jetzt nicht strenge elliptische Bahn osculirende Ellipse, deren Elemente in jedem Zeitpuncte von den Elementen der Ellipse, wie sie der Anziehung der Sonne allein entspräche, nur um etwas Geringes abweichen. Diese Veränderungen der elliptischen Elemente sind nun theils periodische, die von der gegenseitigen Stellung des störenden und des gestörten Körpers und von der Stellung beider gegen die Knotenlinie und die Axen der Bahn abhängen, die daher einerlei Werthe erhalten, so oft diese gegenseitigen Stellungen wieder eben dieselben werden, theils hängen sie nicht von diesen periodisch wiederkehrenden Stellungen ab und können daher immerfort mit der Zeit wachsen. Die Frage, welche Störungen periodisch sind und welche dagegen im Fortgange der Zeit stets wachsen, ist nicht immer so leicht zu beantworten. Manche periodische Störungen haben eine so lange Periode, daſs die Beobachtungen eine fortwährend in gleicher Weise fortgehende Aenderung anzuzeigen scheinen, statt daſs doch wirklich eine Zeit gewesen ist und kommt, wo die Zunahme in Abnahme übergeht, und wo daher die Aenderungen nicht als der Zeit proportional angesehn werden dürfen, wenn sie auch durch eine Reihe von Jahren so erscheinen. In diesem Falle gelten die Säculargleichungen, die wir als von Jahrhundert zu Jahrhundert die Aenderung der Elemente angebend betrachten, nur für einen gewissen Zeitraum, und die Aenderungen sind, wenn auch erst im Laufe vieler Jahrhunderte oder selbst mehrerer Jahrtausende sich ausgleichend, dennoch in gewissen Grenzen enthalten. Ein Beispiel davon geben die mittlern Entfernungen und die Umlaufszeiten der Pla-

Digitized by Google

neten. Die Vergleichung der Beobachtungen zeigte, daſs die mittlere Bewegung des Jupiter nach und nach zugenommen, die des Saturn abgenommen hat[1], und man glaubte daher in den Tafeln Säculargleichungen, zunehmend wie das Quadrat der Zeit für die mittlern Bewegungen beider Planeten, anbringen zu müssen. Euler suchte theoretisch diese Säculargleichungen zu bestimmen, aber erhielt ein von den Beobachtungen abweichendes Resultat, Lagrange fand zwar eine genügende Bestimmung, aber Laplace glaubte doch, daſs die Untersuchung noch vollendeter durchgeführt werden müsse, und fand die richtigen Werthe dieser Säcular-Aenderung. Bei der Anwendung auf Jupiter und Saturn hoben sich aber diese gänzlich auf, d. h. alle die Glieder in dem Ausdrucke für die mittlere Entfernung und Umlaufszeit, die nicht periodisch sind, wurden zusammen = 0. Dieses, gewiſs nicht zufällige, Verschwinden aller nicht periodischen Glieder veranlaſste Laplace, auch die allgemeinen Ausdrücke näher zu untersuchen, und es fand sich, daſs bei gehöriger Rücksicht auf die zwischen den einzelnen Gröſsen bestehende Abhängigkeit immer jene Glieder zusammen = 0 wurden. Die groſsen Axen der Planetenbahnen ergaben sich hieraus demnach als unveränderlich oder als nur periodischen Veränderungen unterworfen. Hierbei war indeſs angenommen, daſs die Umlaufszeiten nicht commensurabel sind, und überdieſs waren die höhern Potenzen der Excentricitäten und Neigungen nicht berücksichtigt, und es war daher ein wichtiger Fortschritt in den theoretischen Bestimmungen, daſs Lagrange bewies, alle durch die Störung anderer Planeten auf die Veränderung der groſsen Axe einer Planetenbahn stattfindende Einwirkungen lieſsen sich auf ein partielles Differential zurückführen, welches sogleich zeige, daſs in dem Werthe der groſsen Axe kein der Zeit proportionales Glied vorkommen könne, wenn man auch die höhern Potenzen der Neigungen und Excentricitäten nicht unberücksichtigt lasse. Bei dieser Untersuchung waren indeſs die Glieder, welche höhere Potenzen der Massen enthielten, nicht beachtet; aber Poisson zeigte, daſs auch die Glieder, welche die Quadrate oder die Producte zweier störenden Mas-

---

1 Schon Keppler hat, wie Schubert sagt, bemerkt (Astr., théorique III. 426.), daſs diese Ungleichheit statt fand, nachher haben Flamstead und Halley sie näher kennen gelehrt.

sen enthielten, keine mit der Zeit immerfort wachsenden Ausdrücke gäben. Poisson gab ferner den Ausdrücken eine solche Form, daſs die von den Aenderungen der Elemente der Bahn des gestörten Planeten abhängigen Theile sich so darstellten, daſs man auch für sie das Nichtvorkommen von Gliedern, die der Zeit proportional wären, erkannte; für die Aenderungen der Elemente des störenden Planeten gelangte er auf einem andern Wege zu eben diesem Schlusse. Lagrange fand in diesen Resultaten Grund zu der Vermuthung, daſs sich eben diese Folgerungen aus der Form der Differentialgleichungen selbst und aus den Bedingungen der Veränderlichkeit der Elemente der Bahn würden herleiten lassen, und es gelang ihm, einfachere Formeln für die Differentiale jener Aenderungen zu erhalten. Diese Formeln enthielten nämlich bloſs partielle Differentiale einer Function der Zeit und jener Elemente, genommen in Beziehung auf jedes dieser Elemente und multiplicirt mit einfachen Functionen derselben; dadurch konnte jene Function in eine Reihe entwickelt werden, nach dem Sinus und Cosinus von Winkeln, die der Zeit proportional sind, und das von der Zeit unabhängige Glied giebt dann die Gleichungen der Säcular-Aenderungen. Hieraus ergab sich nun, daſs die Aenderung der groſsen Axe kein nicht periodisches Glied enthalte, wenigstens wenn man nur auf die Aenderung der Elemente des gestörten Planeten Rücksicht nimmt. Die Rücksicht auf die Aenderung der Elemente des störenden Planeten lieſs sich darum nicht so leicht bei diesen Formeln einführen, weil die Formeln nicht in Beziehung auf beide Körper symmetrisch sind; aber man erhält ähnlich angeordnete und dabei in Beziehung auf beide Körper symmetrische Formeln, wenn man die Planeten nicht auf den Mittelpunct der Sonne, sondern auf den gemeinschaftlichen Schwerpunct der Sonne und der Planeten bezieht, und nun zeigt sich, daſs das Verschwinden aller nicht periodischen Glieder für die groſse Axe in Beziehung auf die erste und zweite Annäherung ganz allgemein ist. Man erhält so die Veränderungen der Elemente aller auf den gemeinschaftlichen Schwerpunct bezogenen Bahnen und kann davon auf die Elemente der Bewegung um die Sonne leicht übergehn[1].

---

1 Diese Darstellung seiner Untersuchungen giebt Lagrange selbst in den Mém. de la classe des sc. math. de l'Inst. de France. Année

Digitized by Google

Die Ueberzeugung, daſs jene Beschleunigung der mittlern Bewegung des Jupiter und Verzögerung der mittlern Bewegung des Saturn nicht auf eigentlichen Säculargleichungen beruhn könne, führte Laplace schon sogleich nach seiner oben erwähnten Entdeckung zu weitern Untersuchungen. Er führt es als ein merkwürdiges Resultat der gegenseitigen Wirkung zweier Planeten an, daſs in Beziehung auf Aenderungen, deren Periode lang ist, die Summe $\frac{M}{r} + \frac{M'}{r'}$ beinahe constant bleibt, ungeachtet der Aenderungen von r, r′, wenn M, M′ die Massen, r, r′ die groſsen Axen der Bahnen sind. Und hier, wo

$$T^{\frac{2}{3}} : T'^{\frac{2}{3}} = r' : r,$$

wenn T, T′ die mittlern Bewegungen sind, ergeben sich nach Halley's aus den Beobachtungen geschlossenen Bestimmungen für Jupiter und Saturn die Werthe der Aenderungen von T und T′ in der That dieser Regel gemäſs, woraus sich schlieſsen lieſs, daſs die Aenderungen dem gegenseitigen Einflusse beider Planeten müſsten zugeschrieben werden, daſs also eine Störung, abhängend von der erst nach langen Perioden übereinstimmend wiederkehrenden gleichen Stellung, hier die Veranlassung zu diesen Aenderungen geben müsse. Der Grund für eine in den Integralgleichungen sehr merklich werdende Störung, die sich in den Differentialgleichungen nur als wenig merklich andeutet, liegt in der beinahe genauen Commensurabilität der Umlaufszeiten des Saturn und Jupiter, die sich sehr nahe wie 5 zu 2 verhalten. Die Glieder, deren Argument die fünfmalige Länge des Saturn weniger der zweimaligen Länge des Jupiter ist, konnten daher bei den Integrationen bedeutende Werthe erhalten (weil bei der Integration diese kleine Differenz in den Nenner übergeht), wenn sie auch in höhere Potenzen der hier sonst den unbedeutendern Werth der Glieder bestimmenden kleinen Gröſsen (vorzüglich der Masse und auch der Neigung und Excentricität) multiplicirt waren[1], und hier fand sich nun wirk-

1808. p. 1—10.; bei der Darstellung früherer Bemühungen habe ich Laplace syst. du monde benutzt.

1 Die mittlere Bewegung des Saturn beträgt 120″,45763, des Jupiter 299″,12780, also ist das Fünffache jener nur um 4″,0325 gröſser, als das Zweifache dieser, und dieser Unterschied steigt in 365¼ Tagen auf 1472″,89 oder 24′32″,9, so daſs erst in 900 Jahren dieser Unterschied 360° beträgt.

Digitized by Google

lich, daſs diese Glieder eine groſse Ungleichheit, deren Periode $929\frac{1}{7}$ Jahr ist, hervorbringen. Zugleich erklärte sich die schon von Lambert gemachte Bemerkung, daſs zwar die Vergleichung alter Beobachtungen dieser Planeten mit den neuern eine Abnahme der mittlern Bewegung des Saturn und eine Zunahme der mittlern Bewegung des Jupiter zeige, die Vergleichung späterer Beobachtungen mit den neuesten aber ein entgegengesetztes Resultat giebt. Die Ungleichheit hatte nämlich 1560 ihr Maximum erreicht, indem damals die mittlere jährliche Bewegung des Saturn um 20″ kleiner, die des Jupiter um 8″,5 gröſser als die eigentliche mittlere Bewegung war, statt daſs im Jahre 1095 jene um 20″ zu groſs, diese um 8″,5 zu klein gewesen war; im Jahre 1792 hatte die Bewegung beider Planeten ihren mittlern Werth erreicht und im Jahre 2025 wird bei beiden wieder die Gröſse der mittlern Bewegung wie 1095 eintreten.

Ich habe geglaubt, bei dieser einzelnen Störung länger verweilen zu müssen, theils weil sie die Veranlassung zur Entdeckung des wichtigen Theorems, daſs die groſsen Axen der Planetenbahnen durchaus nur periodische Störungen erleiden, gab, theils weil sie die Wichtigkeit des Umstandes, daſs die Umlaufszeiten beinahe genau commensurabel sind, zeigen. Ungefähr alle 20 Jahre kommen Saturn und Jupiter zu gleichen Stellungen gegen einander im Umlaufe um die Sonne zurück und manche Ungleichheiten müssen in dieser Zeit ihre Periode vollenden; aber wenn sie, um nur die Conjunction als Beispiel zu nehmen, einmal in Conjunction kommen in der Nähe des Knotens ihrer Bahnen, so kommen sie nach drei Conjunctionen wieder in der Nähe dieses Knotens in Conjunction und diejenigen Störungen, die sich ausgleichen würden, wenn die nach einander folgenden Conjunctionen immer andern und andern Puncten der Bahn entsprächen, gleichen sich nicht aus, wenn die Conjunctionen und damit alle correspondirende Stellungen längere Zeiten hindurch nur auf bestimmte, beinahe gleiche Puncte der Bahnen treffen. Sie gleichen sich daher erst in der langen Zeit von ungefähr 900 Jahren aus, wo die Conjunctionen alle Puncte des Kreises durchlaufen. Etwas einigermaſsen Aehnliches findet bei der Erde und Venus statt, da 13 Umlaufsperioden der Venus nahe mit 8 Umlaufsperioden der Erde übereinstimmen, so daſs die Differenz nur $\frac{1}{240}$ der Umlaufszeit der Erde ist. Airy macht in Beziehung auf diese Ungleichheit fol-

gende interessante Bemerkung. Wenn die Excentricität der Venusbahn und Erdbahn, so wie die gegenseitige Neigung der Bahnen ungeändert blieben, die groſsen Axen der Bahnen aber mit der Knotenlinie zusammenfielen und das Aphelium der Venus in eben der Richtung läge, wo das Perihelium der Erde liegt, so würde der Coefficient dieser Ungleichheit in der Epoche 9″ betragen und bei etwas vergröſserter Neigung oder Excentricität auf das Doppelte und Dreifache zunehmen können, — offenbar desto mehr, je näher sich beide Himmelskörper im einen Endpuncte der Axen kämen und je entfernter sie in der gegenüber liegenden Gegend von einander blieben[1].

Die übrigen Elemente der Planetenbahnen leiden Aenderungen, die theils wirklich mit der Zeit immer zunehmen, theils so ungemein lange Perioden haben, daſs wir sie für Jahrhunderte lang als gleichförmig ansehn können. Zu den letztern gehören, als die merkwürdigsten, die Aenderungen der Excentricität der Bahnen und die Aenderungen ihrer Neigung, und auch in Beziehung auf diese läſst sich nachweisen, daſs sie in gewisse Grenzen eingeschlossen sind und in sehr langen Perioden dieselben Werthe wieder erhalten. Die Erdbahn hatte[2] 8400 Jahre vor unserer Zeitrechnung eine Excentricität = 0,019, seit dieser Zeit ist diese immer abnehmend und wird bis zum Jahre 23300 abnehmen, wo sie = 0,0046 seyn wird (jetzt ist sie = 0,01684). Ebenso ist es mit den Neigungen der Bahnen. Die Ebene der Erdbahn ist z. B. nicht unveränderlich, und man muſs daher diejenige Ebene, mit welcher sie zu einer gewissen Zeit übereinstimmte, als feste Ebene den übrigen Bestimmungen zum Grunde legen; aber von der Lage, die sie im Jahre 1750 hatte, entfernt sie sich nie um 5,5 Grade und die Neigungen der übrigen Bahnen gegen einander sind ebenso in bestimmte Grenzen eingeschlossen. Laplace hat im Allgemeinen gezeigt, daſs, welche Massen auch die Planeten haben möchten, dadurch allein, daſs sie sich alle nach *einer* Richtung und in Bahnen, die wenig excentrisch und wenig gegen einander geneigt sind, bewegen, ihre Störungen periodisch und in enge Grenzen eingeschlossen seyn müssen, daſs daher für unabsehbare Zeiten das ganze Planetensystem um einen Zustand, der von dem jetzigen nicht

1 Brewster Journ. of Science. New Ser. No. XII.

2 Schubert popul. Astronomie. III. 297.

wesentlich verschieden ist, oscillirt hat und oscilliren wird. Lubbock bemerkt hierbei, daſs diese Bedingungen nicht einmal alle nöthig sind, um bei dem wirklich statt findenden Gesetze der Anziehung die Stabilität des ganzen Systems zu beweisen, indem die von ihm entwickelten Formeln für die Aenderungen der elliptischen Constanten richtig bleiben, welche Potenzen der störenden Kräfte man auch beibehalte, und diese Formeln zeigen, daſs die halbe groſse Axe, die Excentricität und die Neigung keine andere als periodische Aenderungen erleiden[1]. Die Einwirkung der Kometen ist freilich dabei nicht beachtet, aber diese scheinen, wegen ihrer geringen Masse, fast nie oder nur bei einer unendlich selten vorkommenden allzu groſsen Annäherung an einen Planeten eine bedeutende Einwirkung haben zu können.

Die Störungen betreffen ferner, sofern sie die Elemente der Bahnen ändern, die Lage der groſsen Axe oder der Apsidenlinie. Auch bei diesen Aenderungen findet ein Vorrücken und Zurückgehn statt, aber dennoch ist im Ganzen ein Vorrücken überwiegend, weil der Ausdrnck für diese Störungen auſser periodischen Gliedern ein mit dem Fortgange der Zeit immer wachsendes Glied enthält. Was die Ursachen der Aenderungen betrifft, so lassen sich diese in Beziehung auf die Neigungen der Bahnen und ihre Knotenlinien am leichtesten übersehn. Indem der eine Planet sich in seiner Bahn oberhalb der Bahn des andern Planeten gegen seinen Knoten zu bewegt, wird er gegen die Ebene der Bahn des störenden Planeten angezogen und erreicht diese Ebene etwas eher, als es ohne diese Anziehung der Fall seyn würde, der Knoten geht also zurück und die Neigung der Bahn vergröſsert sich dabei ein wenig; diese letzte Aenderung gleicht sich aus, wenn der Planet durch den Knoten gegangen ist, statt daſs das Zurückgehn der Knoten fortwährend bewirkt wird.

Die Pole beider Planetenbahnen beschreiben daher einen Kreis um einander, dessen Halbmesser der Neigung der Bahnen gegen einander gleich ist. Bezieht man die Lage beider Bahnen auf eine dritte Ebene, auf die Ekliptik z. B., so kann gegen diese die Neigung veränderlich und die Knotenlinie rück-

---

1 Phil. Transact. for 1830. p. 327.

Digitized by Google

läufig oder rechtläufig seyn. Stellt man sich nämlich zuerst die Bahn der Erde (oder überhaupt die Ebene, auf welche man die andern beziehn will,) und die Bahn des störenden Planeten vor, so liegen ihre Pole um so viel von einander entfernt, als die Neigung beider gegen einander beträgt; um den letztern Pol bewegt sich der Pol der Bahn des gestörten Planeten im Kreise und folglich nähert sich dieser dem Pole der Erdbahn oder entfernt sich von ihm, je nachdem es die Bewegung auf diesem Kreise mit sich bringt, d. i. die Neigung der Bahn des gestörten Planeten gegen die Ekliptik nimmt ab oder nimmt zu, so wie es diese veränderte Entfernung zeigt. Was die Länge des Knotens der Bahn des gestörten Planeten betrifft, so wollen wir uns denken, der Pol dieser Bahn sey zu dem Puncte gelangt, wo er in seinem Kreise den durch den Pol der Ekliptik und den Pol der Bahn des störenden Planeten gezogenen gröſsten Kreis schneidet; befindet er sich zugleich in demjenigen Durchschnittspuncte, wo er am weitesten vom Pole entfernt ist, so bringt seine rückgängige Bewegung um den Pol der Bahn des störenden Planeten auch eine rückgängige Bewegung um den Pol der Ekliptik hervor, die überhaupt so lange dauert, als der Pol der Bahn des gestörten Planeten sich in dem von dem Pole der Ekliptik am meisten entfernten, durch die vom Pole der Ekliptik ausgehenden Berührungsbogen begrenzten Theile seines um den Pol der Bahn des störenden Planeten beschriebenen Kreises befindet. Dieses gilt, wenn der Pol der Ekliptik auſserhalb des kleinen an der Himmelskugel gezogenen Kreises liegt, und in diesem Falle machen nie die vom Pole der Ekliptik nach jenen beiden Polen gezogenen gröſsten Kreise einen Winkel von 90° oder mehr mit einander, folglich machen auch die nach beiden aufsteigenden Knoten der Planeten mit der Ekliptik gezogenen Linien immer einen Winkel $< 90°$. Ist dagegen die Neigung der Bahn des gestörten Planeten gegen die Bahn des störenden gröſser als die des letztern gegen die Ekliptik, so befindet sich der Pol der Ekliptik innerhalb des Kreises, den der Pol der Bahn des gestörten Planeten beschreibt, und da dieser auf dem Kreise rückgängig ist, so erscheint er immerfort als rückgängig vom Pole der Ekliptik aus, d. h. die Knotenlinie des gestörten Planeten mit der Ekliptik ist immer rückgängig. Hierbei ist der Pol der Bahn des störenden Planeten als unveränderlich angenommen; da er aber selbst auch gestört wird

Digitized by Google

durch den andern Planeten und diese Störungen im entgegengesetzten Sinne eintreten, so läſst sich die Anwendung leicht auf den zweiten Planeten ebenfalls machen.

Diese Beziehung auf eine ganz unveränderliche Ebene oder auf die Ebene, mit welcher die Ekliptik in einem gewissen Zeitpuncte übereinstimmte, ist nicht mehr gültig für die wahre Ebene der Erdbahn, weil diese selbst durch die Störungen der Planeten ihre Lage ändert. Um das, was jetzt eintritt, zu über-
Fig. sehn, sey EA die Ekliptik, AB die Bahn eines die Bewegung
53. der Erde störenden Planeten, A ihr aufsteigender Knoten; da die Erde hier als der gestörte Körper angesehn wird, so rückt der Knoten ihrer Bahn nach a zurück, und damit dabei die Neigung ungeändert bleibe, muſs $EA = 90°$ und E der Durchschnittspunct der beiden Ebenen seyn, wie sie vor und nach der Aenderung waren. Ist nun CB die Bahn eines andern Planeten, B der Knoten beider Bahnen, C der aufsteigende Knoten mit der Erdbahn, so ist $Ec < EC$, also der Knoten zurückgegangen, und dieses findet immer statt, wenn $AC < 90°$ ist oder C zwischen A und e liegt; im entgegengesetzten Falle (für $AC > Ae$ oder $> 90°$) läge der niedersteigende Knoten der Bahn DF in G und Eg wäre $> EG$, also der Knoten vorwärts gehend. Die Neigung der Planetenbahn BC, desjenigen Planeten nämlich, den wir hier nicht als den störenden ansehn, gegen die Ekliptik nimmt ab, wenn der Knoten C vor dem Knoten A des störenden Planeten voraus ist, weil $BCe > Bce$ ist in dem Dreiecke, wo Ce, ce kleiner als 90° sind; dagegen nimmt die Neigung zu, wenn der aufsteigende Knoten C eine geringere Länge, als der aufsteigende Knoten des störenden Planeten hat. Eben diese Betrachtungen aber gelten auch, wenn BC nicht die Ebene einer Planetenbahn, sondern eine andere unveränderliche Ebene ist, auf welche man die Lage der Ekliptik bezieht. So erhellt, daſs die Knoten der Planetenbahnen auf der Ekliptik in längern Zeiträumen bald rechtläufig, bald rückläufig werden müssen, und daſs die Neigungen bald abnehmen, bald zunehmen werden, also auch hier keine nicht periodischen Aenderungen statt finden. Was die Lage der Ekliptik betrifft, so erleidet sie vermöge der Wirkung aller Planeten eine Aenderung. Denken wir uns also eine für immer unveränderliche Ebene BC, so wird diese eine abnehmende Neigung haben, so lange ihr aufsteigender Knoten um mehr als 90°

Digitized by Google

vorwärts von dem Puncte E liegt, um welchen die Ekliptik gleichsam gedreht wird. Wegen der in langen Zeiträumen sich ändernden Lage der Planetenbahnen ändert sich auch E C und es kommen daher Zeiten, wo die Ekliptik ihre Neigung gegen die feste Ebene vermehrt, statt daſs diese zu anderer Zeit abnimmt.

Eine ähnliche Betrachtung in Beziehung auf den Aequator zeigt, daſs für die nur durch *einen* Planeten hervorgebrachte Aenderung, wenn der Pol der Planetenbahn weiter als der Pol der Ekliptik vom Pole des Aequators entfernt liegt, also die Neigung der Planetenbahn gegen den Aequator gröſser ist, als die Schiefe der Ekliptik, folgende Aenderungen eintreten. Es sey A Q der Aequator, E C die Ekliptik, B D die Bahn des stö- Fig. 54.
renden Planeten, also ☊ der aufsteigende Knoten der Ekliptik auf dem Aequator, F der aufsteigende Knoten der Planetenbahn auf der Ekliptik. Wir wissen, daſs die Ekliptik so auf der Bahn des störenden Planeten zurückweicht, daſs sie die Lage E f C einnimmt, wobei offenbar der Durchschnittspunct mit dem Aequator rechtläufig vorrückt und die Neigung der Ekliptik gegen den Aequator abnimmt. Ist dagegen ☊ F gröſser als 90°, so geht die Lage der Ekliptik vermöge der Störung durch diesen aus E F C in e f c über, und der Knoten mit dem Aequator Fig. 55.
ist rückgängig, die Neigung aber auch hier abnehmend. Liegt Fig. 56.
der aufsteigende Knoten des Planeten im dritten, also der niedersteigende Knoten G im ersten Quadranten, so geht der Knoten G nach g zurück und E g C ist die veränderte Lage der Ekliptik, mithin erhellt, daſs der Knoten der Ekliptik auf dem Aequator zurückgeht, die Schiefe der Ekliptik aber zunimmt, und dieses Zunehmen der Schiefe findet auch statt, wenn der aufsteigende Knoten der Bahn sich im vierten Quadranten befindet.

Da nun in der gegenwärtigen Zeit die Länge der aufsteigenden Knoten des Mercurius, der Venus, des Mars und des Uranus kleiner als 90° ist, die Länge des aufsteigenden Knoten für Jupiter und Saturn zwischen 90° und 180°, so wirken alle zur Abnahme der Schiefe der Ekliptik zusammen und die erstern bringen eine rechtläufige, die letztern eine rückläufige Bewegung der Knoten hervor. Die Abnahme der Schiefe beträgt in 100 Jahren 51″, das Vorwärtsrücken der Knoten würde 17″ in 100 Jahren betragen, wenn nicht [1] die Einwirkung der Sonne

1 S. Art. *Vorrücken der Nachtgleichen.*

Digitized by Google

und des Mondes auf die sphäroidische Erde ein Rückgehn der Nachtgleichen bewirkte.

Diese Aenderung der Schiefe der Ekliptik hängt also von der Lage der Knotenlinien der Planetenbahnen ab; diese Lage ist aber selbst veränderlich und nicht immer werden die Planeten vereinigt die Schiefe der Ekliptik vermindern, sondern es wird auch diese Aenderung nur eine periodische, sich im Laufe der Jahrhunderte ausgleichende, seyn. Nach den bis jetzt angestellten Berechnungen schwankt die Schiefe der Ekliptik zwischen 18° und 29°, sie muſs vom Jahre 2000 vor unsrer Zeitrechnung an im Abnehmen seyn und ferner bis zum Jahre 6700 abnehmen, dann 13000 Jahre lang zunehmen und 15000 Jahre lang wieder abnehmen; in dieser unermeſslich scheinenden Zeit aber wird sie nicht weniger als 20° 34′ und nicht mehr als 27° 48′ betragen[1].

Die Bewegung des Mondes ist groſsen Perturbationen ausgesetzt, weil hier die anziehende Kraft der Erde und der Sonne zugleich einwirkt. Weil die Masse der Sonne 337000 mal so groſs als die Masse der Erde ist, so übt jene, obgleich ihre mittlere Entfernung vom Monde 392,5 mal so groſs als die Entfernung der Erde vom Monde ist, doch eine mehr als zweimal so groſse anziehende Kraft auf ihn aus, da $\frac{337000}{332 \cdot 332} =$ beinahe $2\frac{1}{4}$ ist. Wirkte die Erde nicht auf den Mond, so würde er eine eben solche Ellipse, wie die Erde, um die Sonne beschreiben, aber die Erde nöthigt ihn, von dieser Bahn bald nach innen, bald nach auſsen abzuweichen. Wenn der Mond im Vollmonde der Sonne gegenüber steht, so hat er eine gröſsere Geschwindigkeit als die Erde, aber die anziehende Kraft der Sonne ist dann mit der anziehenden Kraft der Erde verbunden, und beide zusammen wirken so stark auf ihn, daſs die seiner Geschwindigkeit entsprechende Schwungkraft dieser vereinigten Kraft nicht das Gleichgewicht hält, und deshalb nähert sich der Mond, während er der Erde voreilt, der Sonne. Bei seinem Vorausgehn vor der Erde erlangt die Anziehungskraft der Erde immer mehr eine der Richtung der Bewegung des Mondes um die Sonne entgegengesetzte Richtung und vermindert dadurch seine Geschwindigkeit, so daſs er im letzten Viertel, wo er eben so weit

1 Ich nehme diese Zahlen aus Schubert's popul. Astr. III. 290.

als die Erde von der Sonne entfernt ist, zwar der Erde vorausgeeilt ist, aber ihr dann nicht weiter voreilt, sondern, noch immer von ihr zurückgezogen, an Geschwindigkeit immer mehr verliert, dabei also auch fortfährt, sich der Sonne zu nähern, weil seine verminderte Schwungkraft ihn nicht in derjenigen Entfernung von der Sonne, worin er sich befindet, erhalten kann. Sobald aber auf diese Weise der Mond bis innerhalb des Kreises, den die Erde beschreibt, gelangt ist, zieht die Erde ihn von der Sonne abwärts und ihre Anziehungskraft vermindert daher die Wirkung der Anziehungskraft der Sonne; aus diesem Grunde erlangt, der um die Zeit des Neumonds noch mehr verminderten Geschwindigkeit und Schwungkraft ungeachtet, die durch die Attraction der Erde unterstützte Schwungkraft wieder das Uebergewicht, der Mond entfernt sich nach dem Neumonde mehr von der Sonne, und sobald er wegen seiner verminderten Geschwindigkeit hinter der Erde zurückbleibt, treibt die Anziehung dieser ihn wieder zu schnellerer Bewegung an, so daſs er im ersten Viertel mit schnellerer Bewegung als zur Zeit des Neumondes der Erde folgt und immer mehr beschleunigt, zugleich auch durch zu groſse Schwungkraft sich von der Sonne entfernend, diejenige Entfernung und Schnelligkeit wieder erlangt, die er im vorigen Vollmonde hatte.

So durchläuft der Mond, während er eine Bahn mit der Erde um die Sonne vollendet, eine beinahe kreisförmige relative Bahn um die Erde. Da wir die scheinbare Bewegung des Mondes um die Erde beobachten, so beziehn wir seine Störungen auf diese und würden nicht von Störungen reden, wenn wir ihn seinen Kreis um die Erde gleichförmig durchlaufen sähen. Wir sind daher veranlaſst zu fragen, wiefern die Kraft der Sonne zur Vermehrung oder Verminderung der Geschwindigkeit des Mondes in seinem Kreislaufe um die Erde und wiefern sie zur Aenderung seines Abstandes von der Erde beiträgt. Es sey T die Erde, L der Mond, S die Sonne und ST = R, TL = r, SL = z, S die Masse der Sonne, T die Masse der Erde. Die Anziehungskraft der Erde auf den Mond wird durch $\frac{T}{r^2}$, die Anziehungskraft der Sonne auf die Erde durch $\frac{S}{R^2}$, auf den Mond durch $\frac{S}{z^2}$ ausgedrückt. Da die letztere hier nur sofern in Fig. 57.

Digitized by Google

Betrachtung kommt, als sie von der auf die Erde wirkenden verschieden ist, so zerlegt man sie zunächst nach den Richtungen LU, LT und erhält so nach LT $= \frac{S}{z^2} \cdot \frac{\text{Sin. LST}}{\text{Sin. LTS}} = \frac{S}{z^2} \cdot \frac{r}{z}$ und nach LU $= \frac{S}{z^2} \cdot \frac{R}{z}$. Wäre die letztere $= \frac{S}{R^2}$, so würde sie, wie bei der Bewegung der Erde, durch die Schwungkraft, die aus der Bewegung um die Sonne entsteht, im Gleichgewichte gehalten, und nur der Ueberrest $\frac{S.R}{z^3} - \frac{S}{R^2} = \frac{S(R^3 - z^3)}{R^2 . z^3}$ kommt daher hier in Betrachtung. Diese Kraft, zerlegt nach der Tangente der Mondbahn um die Erde und nach der Richtung des Radius, giebt als Tangentialkraft $= \frac{S(R^3 - z^3)}{R^2 . z^3} \text{Sin.} \varphi$, wenn sTL $= \varphi$ ist, als Normalkraft $= \frac{S(R^3 - z^3) . \text{Cos.} \varphi}{R^2 z^3}$; mit der letztern verbinden sich die Kräfte $\frac{T}{r^2} + \frac{Sr}{z^3}$, so daſs die Normalkraft $= \frac{T}{r^2} + \frac{Sr}{z^3} + \frac{S(R^3 - z^3)}{R^2 z^3} \text{Cos.} \varphi$ ist, wenn man den Winkel φ so nimmt, daſs er für den Vollmond $= 0$ ist.

Da die Tangentialkraft die Umlaufsbewegung um die Erde beschleunigt oder verzögert und die Normalkraft hierauf nicht einwirkt, so läſst sich der Gang dieser Beschleunigungen und Verzögerungen so übersehn. Im Vollmond ist $\varphi = 0$, also auch die Tangentialkraft; aber gleich nach der Zeit des Vollmonds fängt, weil $z > R$ ist, eine Verzögerung der Bewegung um die Erde an, die nur dauert, bis $z = R$ ist, also bis um die Zeit des letzten Viertels, wo also die relative Geschwindigkeit des Mondes, seine stündliche Bewegung um die Erde, am kleinsten ist. Nach dem letzten Viertel wird $R^3 - z^3$ positiv und in den positiven Sin. φ multiplicirt, die Winkelgeschwindigkeit um die Erde nimmt also zu bis zum Neumonde, wo Sin. φ $=$ Sin. $180° = 0$. Nach dem Neumonde wird Sin. φ negativ und daher die Geschwindigkeit in der Kreisbahn um die Erde abnehmend, so lange $R > z$, bis zum ersten Viertel, zunehmend dagegen, wenn $R < z$, also von da bis zum Vollmonde; folglich ist in den Vierteln die stündliche Bewegung am kleinsten, beim Neumonde und Vollmonde am gröſsten.

Die gesammte Normalkraft enthält auſser dem Gliede

$\frac{T}{r^2}$, welches die Kraft der Erde allein ausdrückt, ein positives und ein negatives Glied. Das Glied $\frac{S(R^3 - z^3)}{R^2\, z^3}$ Cos. φ wird nämlich immer negativ, weil in dem von der Sonne entferntern Halbkreise Cos. φ positiv, aber $z > R$ ist, in dem der Sonne nähern Halbkreise Cos. φ negativ, aber $z < R$. Die Wirkung der Anziehungskraft der Erde wird daher um die Zeit der Viertel vermehrt, weil dann das letzte Glied verschwindet oder sehr klein ist, im Ganzen aber wird sie vermindert, weil die für den ganzen Umlauf gesuchte Summe der beiden letzten Glieder negativ und ungefähr gleich dem 358sten Theile der Anziehung der Erde ist.

Wegen dieser verminderten gegen die Erde gerichteten Kraft bleibt der Mond in einer etwas gröſsern Entfernung von der Erde, als ohne jene Einwirkung der Fall seyn würde, und da die Normalkraft gegen die Erde am gröſsten ist um die Viertel, wo die Geschwindigkeit am kleinsten ist, so wird er da am stärksten von der Tangente abgelenkt, welches dagegen in der Stellung beim Neumonde und Vollmonde weniger bedeutend geschieht; bei den Vierteln ist daher eine starke Annäherung zur Erde und daraus entsteht eine gröſste Nähe des Mondes zur Zeit des Neumondes und Vollmondes, wogegen in den Vierteln die Entfernung am gröſsten ist, oder mit andern Worten, die elliptische Bahn des Mondes um die Erde nimmt eine Verlängerung an nach der Richtung, wo der Mond sich in den Quadraturen befindet, und wird verkürzt in der Richtung gegen die Sonne und von ihr abwärts. Hieraus entsteht die *Gleichung der Parallaxe*, indem die Parallaxe bei der Annäherung des Mondes zur Erde vergröſsert wird. Jene im Ganzen statt findende Verminderung der Centralkraft, die den Mond nach dem Mittelpuncte seiner Bahn um die Erde zieht, ist gröſser, wenn die Entfernung der Erde von der Sonne kleiner ist; ihre Wirkung muſs also um die Zeit vom September bis März, wo die Erde sich in dem perihelischen Theile ihrer Bahn befindet, merklicher seyn, d. h. für diesen Theil des Jahres muſs die Entfernung des Mondes von der Erde gröſser seyn, so wie es einer verminderten Centralkraft gemäſs ist. Bei dieser gröſsern Entfernung wird die scheinbare Bewegung langsamer, wie es die Gleichheit der Sectoren fordert, und während die Erde der Sonne näher ist, bleibt also der Mond hinter seinem mittlern Orte zu-

Digitized by Google

rück, welches gegen die Zeit der mittlern Entfernung im März, nach dem Perihelium der Sonne, am meisten beträgt, wogegen im September die Voreilung am gröſsten ist. Dieses ist die *jährliche Gleichung* des Mondes.

Die allmälig eintretende Aenderung der Excentricität der Erdbahn bringt in diesen Einwirkungen eine Veränderung hervor, die Laplace zuerst erklärt hat. Halley hatte bemerkt, daſs die den neuern Beobachtungen entsprechende mittlere Bewegung des Mondes nicht den ältern Beobachtungen angemessen sey, sondern daſs die mittlere Bewegung des Mondes zugenommen habe, daſs er sich also im ganzen Umlaufe jetzt der Erde näher befinde, als in den ältern Zeiten. Die theoretischen Untersuchungen über die Bewegung des Mondes gaben lange keine Aufklärung über diese Veränderung der Entfernung und der mittlern Bewegung, bis endlich Laplace die Ursache in der jetzt seit vielen Jahrhunderten abnehmenden Excentricität der Erdbahn fand. In dem völlig entwickelten Ausdrucke nämlich, welcher die durch die Wirkung der Sonne hervorgehende Verminderung der Centralkraft und die damit zusammenhängende Vergröſserung der Entfernung des Mondes und verminderte Gröſse seiner mittlern Bewegung angiebt, findet sich ein Glied, welches von dem Quadrate der Excentricität der Erdbahn abhängt und eine Zunahme der mittlern Bewegung giebt, so lange die Excentricität abnimmt. Diese Aenderung beträgt zwar noch keine 12 Tausendmilliontel der mittlern Bewegung, aber da die mittlere Bewegung des Mondes in einem Jahrhundert über 5347 Millionen Sec. beträgt und jene Aenderung als 6 Tausendmilliontel für den ganzen Zeitraum betragend angesehn werden kann, so erreicht diese Gröſse dennoch den Werth von $31\frac{1}{4}''$ als Säculargleichung, welches merklich genug ist. Da die Verminderung der Excentricität der Erdbahn nicht unaufhörlich dauern wird, so wird auch diese Beschleunigung in einer sehr entfernten Zukunft in das Gegentheil übergehn und der uns jetzt um etwas höchst Geringes näher rückende Mond wird wieder zu einer etwas gröſsern mittlern Entfernung übergehn.

Aus den mitgetheilten Betrachtungen läſst sich der Grund der beiden Gleichungen der Mondsbewegung, die unter den Namen Evection und Variation bekannt sind, übersehn. Die *Evection* nämlich ist eine Veränderung der Mittelpunctsgleichung. Wenn der Mond eine immer gleiche Ellipse um die

Erde beschriebe, so wäre bei allen Umläufen auf gleiche Weise die Bewegung schneller in der Erdnähe, langsamer in der Erdferne. Es sey aber nun die Lage der Mondbahn so, daſs der Mond in den Quadraturen seine gröſste oder kleinste Entfernung von der Erde erreicht, so wird hier die Normalkraft durch $\frac{T}{r^2} + \frac{Sr}{z^3}$ ausgedrückt, und da in der einen Quadratur r kleiner als in der andern ist, so findet ein ungleiches Verhältniſs des letzten Gliedes zum ersten statt, indem das letztere in der Erdferne des Mondes ein gröſserer Theil des ersten ist, als in der Erdnähe; hierdurch wird die anziehende Kraft, die in der Erdferne kleiner als in der Erdnähe ist, der Gleichheit in beiden Fällen näher gebracht. Dagegen wenn die Axe der elliptischen Mondbahn mit der Richtung nach der Sonne zusammenfällt, so ist das dritte Glied der Formel für die Normalkraft am gröſsten in der Erdferne des Mondes, und dieses negative Glied, welches gröſser als das zweite positive ist, vermindert also die gegen die Erde gerichtete Normalkraft gerade dann am meisten, wenn sie schon für sich selbst am kleinsten ist; daher ist die gegen die Erde zu wirkende Kraft in der Erdferne in stärkerm Maſse vermindert, als es in Verhältniſs gegen die in der Erdnähe wirkende Kraft in der Ellipse der Fall seyn würde, und die Excentricität der Bahn ist bei dieser Lage der Axe der Bahn gröſser, als sie in der Ellipse seyn würde.

Die *Variation* hängt von dem schon erwähnten Umstande ab, daſs die Tangentialkraft im zweiten und vierten Quadranten (wir mögen diese vom Neumonde oder Vollmonde an rechnen) die Bewegung beschleunigt, im ersten und dritten Quadranten verzögert. Im Neumonde ist die Geschwindigkeit durch die zunächst vorher gegangene Beschleunigung vergröſsert, und obgleich dann die Geschwindigkeit kleiner wird, so bleibt sie doch bis zur Vollendung des nächsten Octanten gröſser als die mittlere, und erst im Ankommen am Ende des ersten Octanten ist die mittlere Geschwindigkeit hergestellt; bis dahin hat das Voraus-eilen vor der elliptischen Bewegung also immerfort, wenn gleich zuletzt nur wenig mehr, zugenommen, und diese Voreilung, die eben als Vergröſserung der Länge des Mondes die Variation ist, hat ihren gröſsten Werth erreicht, wenn der Mond den ersten Octanten beendigt. Im Durchlaufen des zweiten Octanten wird der Ueberschuſs der wahren Länge über die der ellipti-

Digitized by Google

schen Bewegung angemessene Länge kleiner und zur Zeit der Quadratur, am Ende des zweiten Octanten, ist die wahre Länge mit der in der elliptischen Bahn einerlei. Nach dem ersten Viertel bewirkt zwar die Tangentialkraft eine zunehmende Geschwindigkeit, aber diese bleibt dennoch zuerst geringer, als es der elliptischen Bewegung gemäſs seyn würde, und erst am Ende des dritten Octanten wird die wahre Bewegung der elliptischen gleich; der Mond ist daher nach und nach immer mehr hinter dem Orte, den die elliptische Bewegung ihm geben würde, zurückgeblieben, so daſs am Ende des dritten Octanten die Variation am gröſsten ist. Nach diesem Zeitpuncte übertrifft die Geschwindigkeit des Mondes diejenige, welche er nach den Gesetzen der elliptischen Bewegung haben sollte, und von Stunde zu Stunde nimmt daher sein Zurückbleiben hinter dem elliptischen Orte ab; im Vollmonde stimmt sein wahrer Ort mit dem elliptischen Orte überein und eben die Folge von Erscheinungen wiederholt sich in den andern zwei Quadranten.

Daſs durch eben diese Aenderungen der auf den Mond wirkenden Kräfte auch die Apsidenlinie, die Lage der groſsen Axe seiner Bahn sich ändern muſs, versteht sich von selbst. Der Hauptsache nach wird durch diese Störungen ein nach der Ordnung der Zeichen gehendes Fortrücken der Apsidenlinie bewirkt, welches jedoch nicht gleichmäſsig seyn kann. Die Apsidenlinie rückt schneller fort, wenn die Verminderung der Centralkraft durch die Einwirkung der Sonne am gröſsten ist, also um die Zeit der Syzygien oder des Neumonds und Vollmonds, dagegen am langsamsten um die Zeit der Viertel.

Diese Betrachtungen betrafen nur die Figur der Bahn; da aber die Ebene der Mondbahn nicht mit der Ebene der Ekliptik zusammenfällt, so erhellt leicht, daſs auch die Lage dieser Ebene Aenderungen erleiden wird, unter denen das *Zurückgehn der Mondsknoten* die bedeutendste und eine unaufhörlich fortgehende ist. Es findet hier nämlich das statt, was schon bei den Störungen der Planeten erwähnt worden ist, die Knoten der Mondbahn gehn auf der Erdbahn zurück, die Neigung aber leidet vor und nach dem Durchgange durch den Knoten entgegengesetzte Aenderungen, die sich ausgleichen. Das Fortrücken der Knoten ist am stärksten, wenn Mond und Sonne sich 90° von der Knotenlinie befinden, und wird nicht befördert, wenn die Sonne in der Ebene der Mondbahn oder wenn der Mond in der Ebene der Erdbahn

im Knoten seiner Bahn sich befindet. Dieses Zurückgehn ist so schnell, daſs der ganze Umlauf derselben in 18 Jahren und 239 Tagen vollendet wird. Diese wichtigste Aenderung der Lage der Mondbahn hat eine von der sphäroidischen Gestalt der Erde herrührende Ungleichheit, die eine eben solche Wirkung der Erde auf den Mond ist, wie die Nutation eine Wirkung des Mondes auf die Erde. Die daraus entstehende Ungleichheit in der Breite verhält sich so, als ob sich die Mondbahn nicht auf der Ekliptik mit unveränderlicher Neigung fortbewegte, sondern auf einer Ebene, die ein wenig gegen die Ekliptik geneigt ist und durch die Aequinoctialpuncte gehend zwischen der Ekliptik und dem Aequator liegt. Vermöge dieser Ungleichheit vermindert sich die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik, wenn der aufsteigende Knoten derselben mit dem Nullpuncte des Widders zusammentrifft, und vermehrt sich, wenn er bei dem Nullpuncte der Waage liegt. Da diese Ungleichheit von der Abplattung der Erde abhängt, so kann man die Gröſse der Abplattung aus der Gröſse dieser Ungleichheit bestimmen und die Abplattung $= \frac{1}{304,6}$ schien, nach Laplace's Bestimmungen, dieser Ungleichheit am besten zu entsprechen. Andere Ungleichheiten in der Bewegung, die Laplace anführt, muſs ich hier übergehn; alle lassen sich aus dem Gesetze der allgemeinen Schwere erklären[1].

Die seit langen Zeiten angestellten vielen und genauen Beobachtungen der Jupitersmonde haben auch in ihren Bewegungen Störungen kenntlich gemacht, die sich nach eben den Gesetzen genau erklären lassen.

Diese Folgerungen aus frühern Untersuchungen, die man schon von Laplace, Schubert u. A.[2] dargestellt findet, sind in neuerer Zeit noch um vieles bereichert worden, und die Methoden, die Perturbationen zu berechnen, haben einen höhern Grad von Vollkommenheit erreicht; ich kann indeſs diese Untersuchungen nur sehr oberflächlich anführen, da ihre genaue

---

1 Neuere Untersuchungen über die Störungen der Bewegung des Mondes von Damoiseau s. in den Mém. prés. à l'Acad. des sc. Tom. I.

2 Laplace expos. du syst. du monde Livre IV. Chap. 2. 3. 4. 5. 6. Schubert populäre Astronomie III. 240.

Digitized by Google

Darstellung vielleicht ohne Formeln ganz unmöglich oder wenigstens nur dem möglich ist, der den Gegenstand in seinem ganzen Umfange selbst erforscht hat.

Ueber die Störung, welche die Kometen in ihrem Laufe um die Sonne leiden, hatte schon Clairaut bei der Berechnung der Wiederkehr des Halley'schen Kometen im Jahre 1759 Untersuchungen angestellt und gefunden, daſs die Störungen des Jupiter und Saturn die Wiedererscheinung desselben bedeutend verzögern würden, und seine Berechnung ward durch die Beobachtung bestätigt. Nachher gab Laplace allgemeinere Bestimmungen für diese Perturbationen und zeigte, daſs die groſsen Veränderungen, welche die Bahn des Kometen von 1770 muſs erlitten haben, von der Einwirkung des Jupiter abhingen. Aber die genauern Beobachtungen der neuern Zeit machten eine Rücksicht auf diese Störungen, selbst während der Sichtbarkeit eines Kometen, nothwendig, und Bessel hat zuerst bei seiner Berechnung der Bahn des Kometen von 1807 auf die Nothwendigkeit, diese zu berücksichtigen, aufmerksam gemacht. Es ist nämlich offenbar, daſs man eine genau beobachtete Reihe von Stellungen des Kometen in seiner Bahn nie durch eine für sie alle passende Ellipse darstellen kann, daſs man also eine unrichtige Ellipse findet, wenn man sich bloſs vorsetzt, sie allen Beobachtungen gleich gut anzupassen; man muſs vielmehr auf die Störungen, welche der Komet in dieser Zeit leidet, so Rücksicht nehmen, daſs man aus den störenden Kräften die Aenderung, welche die Elemente der (näherungsweise bekannten) Bahn von einem Zeitpuncte zum andern leiden, bestimmt und dann die beobachteten Oerter des Kometen mit den Stellungen vergleicht, die er in dieser *veränderlichen* Ellipse nach und nach erlangt. Dabei ist es vortheilhaft, die störenden Kräfte so zu zerlegen, daſs die Richtungen der Zerlegung gegen die Sonne zu senkrecht auf diese Richtung in der Ebene der Bahn und senkrecht gegen die Ebene der Bahn sind, und indem man dieses für mehrere Zeitpuncte (z. B. von 30 zu 30 Tagen) thut, wird man in den Stand gesetzt, die Aenderung jedes einzelnen Elements der Bahn während einer bestimmten als Einheit angenommenen Zeit diesen Zeitpuncten entsprechend anzugeben. Die Beobachtungen geben dann, wenn man nicht gleich Anfangs die für einen gewissen Zeitpunct genau richtige Ellipse angenommen hat, Abweichungen von der veränderlichen Ellipse,

Digitized by Google

und indem man nach der Bedingung, daſs die Summe der Quadrate der Abweichungen ein Kleinstes seyn soll, die Aenderungen der zuerst angenommenen Bahn (an welche die Störungen angebracht wurden) bestimmt, so erhält man die für einen bestimmten Zeitpunct passende Ellipse. Wie sehr aber schon während der Sichtbarkeit des Kometen die Elemente der Ellipse, in welcher der Komet sich bewegt, sich ändern, zeigt Bessel durch folgende Bemerkungen. Die Ellipse, welche der Bewegung des Kometen um den 22ten Sept. 1807 entspricht, gab eine Umlaufszeit von 1713 Jahren; aber schon am 23sten März 1808 hatte sich die Excentricität der für diesen Zeitpunct osculirenden Ellipse verkleinert, so daſs diese Ellipse eine Umlaufszeit von 1685 Jahren gäbe; rechnet man weiter bis dahin, wo im Jahre 1815 (am 19ten März) der Komet in Gegenden gelangt, in welchen die Störungen der einzelnen Planeten nicht mehr sehr merklich sind, sondern man ihn als eine Ellipse um den gemeinschaftlichen Schwerpunct aller Körper des Sonnensystems beschreibend ansehn kann, so findet man ihn da in einer Ellipse, die eine 1543jährige Umlaufszeit geben würde[1].

Aehnliche Untersuchungen haben Bessel über den Olbers'schen Kometen, Argelander über den Kometen von 1811, Damoiseau und Rosenberger über die jetzt bevorstehende Wiederkehr des Halley'schen Kometen angestellt[2], und ebenso beruht Encke's sehr vollendete Berechnung der Wiederkehr des nach ihm benannten Kometen von kurzer Umlaufszeit auf einer sehr genauen Berücksichtigung der Störungen.

Von andern Untersuchungen über verbesserte Berechnung der Perturbationen glaube ich noch folgende nicht unerwähnt lassen zu dürfen. Gauss hat in einer besondern Abhandlung eine Untersuchung angestellt, deren Zweck er selbst auf folgende Weise angiebt. Die Säcular-Aenderungen, welche die Elemente einer Planetenbahn durch die Störungen eines andern Planeten erleiden, sind von der Stellung dieses letztern in seiner Bahn unabhängig und würden eben dieselben seyn, es mag der störende Planet seine Bahn nach den Keppler'schen Ge-

1 Untersuchungen über die wahre Bahn des im Jahr 1807 erschienenen groſsen Kometen von Bessel. (Königsberg 1810.)

2 Abhandl. der Berlin. Acad. für 1812. S. 119. Argelander über die Bahn des Kometen von 1811. (Königsberg 1822.)

setzen durchlaufen, oder es möchte dagegen die Masse des Planeten durch die Bahn so gleichförmig ausgetheilt seyn, daſs den Theilen der Bahn, die sonst in gleichen Zeiten durchlaufen werden, gleiche Theile der Masse des Planeten zugetheilt werden, wobei nur voraüsgesetzt wird, daſs die Umlaufszeiten des störenden und des gestörten Planeten nicht commensurabel sind. Der Gegenstand der Abhandlung ist nämlich, zu bestimmen, welche Wirkung die Attraction eines solchen elliptischen Ringes, dessen sehr geringe Dicke nach dem angegebenen Gesetze ungleich ist, auf einen gegebenen Punct hervorbringt[1].

Eine andere hierher gehörige Untersuchung hat Bessel angestellt. Man kann die Störung, welche ein Planet in dem Laufe eines andern Planeten hervorbringt, als aus zwei Theilen bestehend ansehn, nämlich derjenigen Störung, die aus der Anziehung des störenden Planeten auf den gestörten hervorgeht, und derjenigen, welche aus der Bewegung der Sonne entspringt, die der erstere erzeugt. Diese beiden Theile, die man gewöhnlich zusammengenommen hat, getrennt zu betrachten ist aus zwei Gründen vortheilhaft, erstlich weil der aus der Bewegung der Sonne entstehende Theil der planetarischen Störungen sich vollständig entwickeln läſst, theils weil vielleicht die Anziehung, welche ein bestimmter Körper auf *einen* Planeten ausübt, eine andere seyn kann, als diejenige, welche eben der Planet selbst bei gleichem Abstande auf *einen andern* Planeten ausüben würde. Wir sind nämlich zwar gewohnt, es so anzusehn, als ob die in bestimmter Entfernung durch verschiedene Körper ausgeübten Attractionen ihren Massen proportional wären, aber es ist sehr zweifelhaft geworden, ob nicht hierbei eine, vielleicht in der verschiedenen Beschaffenheit verschiedener Weltkörper begründete, Ungleichheit statt findet, so daſs man die aus den Wirkungen der Attraction abgeleitete Masse eines Planeten gar wohl anders finden könnte, je nachdem man die auf einen zweiten, dritten, vierten Planeten ausgeübte Wirkung bei ihrer Berechnung zum Grunde legte[2].

Ganz neuerlich hat Hansen durch wichtige Verbesserungen der Bestimmung der Störungen die Aufmerksamkeit der Astro-

---

1 Comment. soc. Gotting. pro anno 1818.

2 Abhandl. der Acad. d. Wiss. zu Berlin aus dem Jahre 1824. S. 1. Vergl. *Anziehung* Bd. I. S. 341.

Digitized by Google

nomen auf ſich gezogen. Ich theile aus dem Eingange ſeiner Abhandlung[1] hier einiges mit, was über die Bemühungen anderer Mathematiker noch etwas mehr Licht verbreitet. Ueber die Zuſammenſtellung der Glieder erſter, zweiter, dritter Ordnung, die nämlich nur einen oder zwei oder drei der kleinen Factoren enthalten, welche das Verhältniſs der Maſſen zur Sonnenmaſſe ausdrücken, bemerkt er, daſs für die Aenderung der Coordinaten oder für die Aenderung des Radius Vector, der heliocentriſchen Länge und Breite, nur die Glieder der erſten Ordnung in den hierfür entwickelten Ausdrücken bisher berückſichtigt worden ſind, bei der Berechnung der Perturbationen zweiter Ordnung ſey man immer auf die Variation der Elemente der Bahn zurückgegangen. Ferner hatte Laplace zwar die Glieder, die nur einen Maſſenfactor enthalten, ſo weit als zugleich kein anderer oder nur ein anderer kleiner Factor (von Excentricität und Neigung abhängig) darin vorkommt, vollſtändig entwickelt, die Glieder aber, in welchen zwei ſolche Factoren vorkommen, ſo berechnet, daſs ſie die Perturbationen erſter Ordnung als bekannt vorausſetzen. Die Glieder, worin zwei Maſſenfactoren enthalten ſind, hat er, da ihre Zahl ſo groſs iſt, nur unvollkommen entwickelt. Damoiseau hat in ſeiner Mondstheorie durch einen ihm eigenthümlichen Kunſtgriff es erhalten, daſs ſowohl die Glieder, welche einen, als welche zwei Maſſenfactoren enthalten, nach ihrer numeriſchen Gröſse, ohne daſs man ſich nach ihrem analytiſchen Grade richtet, beibehalten oder weggelaſſen werden konnten, ein Vorzug, der ſehr weſentlich iſt, weil nicht ſelten die Glieder, welche in Beziehung auf Excentricität und Neigung von einer höhern Ordnung ſind, dennoch gröſser ausfallen, als die von niedrigerer Ordnung.

Ueber die Frage, ob man lieber die Methode, die Elemente als veränderlich zu berechnen, oder unmittelbar die Aenderungen der drei Coordinaten zu beſtimmen, wählen ſoll, bemerkt Hansen, daſs doch das letztere dem eigentlichen Zwecke entſprechender ſey, daſs aber überdieſs auch, wenn man jene Methode wählt, für ſechs Elemente die Veränderungen berechnet und daraus dann erſt die Aenderungen der drei Coordinaten hergeleitet werden müſſen; wobei aber noch eine

1 Schumacher's aſtr. Nachr. Nr. 166.

Digitized by Google

besondere Schwierigkeit vorkomme, indem es auf Differenzen ankomme, die sich beinahe gänzlich aufheben. Hansen's eigene Methode unterscheidet sich dadurch, daſs alle Störungen der Länge, durch die Zeit ausgedrückt, an der *mittlern* Länge angebracht werden, wobei die Elemente unverändert bleiben; mit dieser gestörten mittlern Länge wird der Logarithmus des Radius Vector berechnet u. s. w. Ueber den Vortheil, den es gewährt, die Störungen an die *mittlere* Länge anzubringen, bemerkt er ferner[1], er habe *a posteriori* gefunden, daſs, wenn man die Störungen bis zu einer gewissen numerischen Grenze herab finden will, die Anzahl der Argumente der Störungen der mittlern Länge bis zu dieser Grenze herab kleiner ist, als die Anzahl der Argumente der Störungen der wahren Länge. So z. B. waren hier, um die Störungen Saturns erster Ordnung in Beziehung auf die Massen bis auf 0″,1 zu finden, 49, dort nur 38 verschiedene Argumente zu beachten. Dieses erleichtert aber nicht nur die Rechnung, sondern macht sie auch genauer als die bisher gebräuchliche; denn die hier gebrauchten Reihen convergiren schneller, und bei solchen Reihen ist auch die Summe der unterhalb einer gewissen numerischen Grenze liegenden sämmtlichen Glieder kleiner und man ist also der Wahrheit näher gekommen. Es lieſse sich aus dem, was Hansen über seine Methode sagt, noch etwas mehr mittheilen, aber ich getraue mir nicht, dieses auf eine hinreichend belehrende Weise zu thun, und verweise daher lieber auf die Abhandlung selbst, indem ich ohnehin fürchte, über einen Gegenstand, in den ich nicht tief genug eingedrungen bin, hier schon zu viel gesagt zu haben.

B.

Phantasmagorie

(von *φάντασμα*, Erscheinung, Gespenst, und *ἀγοράομαι*, ich versammle) nennt man die Darstellung von Luftbildern, von wesenlosen Gestalten. Man bedient sich dazu einer der Zauberlaterne ähnlichen Vorrichtung, aber statt die Bilder auf einer festen Wand darzustellen, läſst man sie auf einen durchsichtigen

1 In der Vorrede zu den Untersuchungen über die gegenseitigen Störungen des Saturn und Jupiter.

Schirm fallen. Da der Art. *Zauberlaterne* die Art der Hervorbringung dieser Bilder angiebt, so ist es hier hinreichend, nur zu bemerken, daſs man sich auf Glas gezeichneter Figuren bedient, die gehörig erleuchtet in die richtige Stellung gegen convexe Gläser, um ein Bild darzustellen, gebracht werden, und daſs man durch Veränderung der Entfernung jener auf Glas gezeichneten Figuren vom Brennpuncte der convexen Gläser ein gröſseres oder kleineres Bild und dadurch den Anschein, als ob die im Bilde uns vorschwebenden Gegenstände näher rückten oder sich weiter entfernten, erhalten kann. Hat man den Raum, wo die Zuschauer sich befinden, vollkommen verdunkelt, so kann man dadurch, daſs man halbdurchsichtige Vorhänge an mehreren Orten herabhängen läſst, den wahren Ort des Bildes verändern und dadurch die Täuschung, als ob die Gespenstern ähnliche Erscheinung bald nahe bei den Zuschauern, bald entfernt sey, bald über ihren Köpfen schwebe, die Täuschung also, als ob sie sich nach Willkür bewegte, sehr befördern. Wenn die Bilder kleiner werden, so stellen sich ihre Umrisse schärfer dar und die Farben werden lebhafter und glänzender; dieses stimmt nicht mit der gröſsern Entfernung, die man darzustellen wünscht, überein, indeſs läſst sich allenfalls durch verminderte Erleuchtung auch hier nachhelfen. Man kann auch das Bild eines wirklichen Gegenstandes oder selbst einer Person auf den Schirm fallen lassen, wo dann die Bewegungen durch das Bild dargestellt werden, indeſs hat dieses, weil nicht alle Theile zugleich auf derselben Ebene gut dargestellt werden, Schwierigkeiten und fordert eine ziemlich entfernte Aufstellung des Gegenstandes, damit der Unterschied der Nähe der einzelnen Theile weniger nachtheilig sey. Da die Bilder vermittelst *eines* Glases umgekehrt dargestellt werden, so würde man sich eines zweiten Glases bedienen müssen, um eines aufrecht stehenden Menschen Bild wieder aufrecht darzustellen. Statt das Bild auf einen durchsichtigen Schirm fallen zu lassen, kann man es auch im Rauche darstellen. Daſs diese Darstellung von Bildern den Namen Geister-Erscheinung u. s. w. führt, ist wohl bekannt genug; wem es Vergnügen macht, die dazu gehörigen Hocuspocus zu lesen, mag Halle's natürl. Magie I. 232. nachsehn. *B.*

Digitized by Google

P h a s e n.

Lichtgestalten; *Phases;* Phases; *Phases* (von φάσις, Erscheinung) nennt man vorzüglich die verschiedenen Erscheinungen des Mondes und der Planeten, sofern dieselben bald voll erleuchtet, bald sichelförmig, bald halb erleuchtet u. s. w. erscheinen. Die Ungleichheit der Erscheinung dieser Himmelskörper, welche bekanntlich insgesammt von der Sonne erleuchtete Kugeln sind, hängt davon ab, daſs wir die von der Sonne erleuchtete Halbkugel zuweilen ganz sehn, zu andern Zeiten nur einen Theil derselben, oder daſs auch nur die dunkle Seite uns zugekehrt ist.

Die *Mondphasen*, Lichtgestalten des Mondes, auch *Mondsbrüche* genannt, stellen sich uns in folgender Ordnung dar. Wenn der Mond mit der Sonne zugleich auf- oder untergeht, so sehn wir ihn gar nicht, und zwar deswegen, weil er uns seine von der Sonne nicht erleuchtete Seite zukehrt. Sobald er, vermöge seines schnellern Fortrückens unter den Sternen, sich von der Sonne etwas mehr entfernt, zeigt er sich uns als schmale Sichel, deren Breite stets zunimmt. Nicht allein die Ursache dieser ungleichen Erscheinung, sondern auch die Bestimmung der Breite des erleuchteten Theiles läſst sich leicht übersehn.
Fig. Es sey nämlich in S die Sonne, in sehr groſser Entfernung, in
58. T die Erde, so durchläuft der Mond relativ gegen die Erde eine kreisförmige Bahn. Steht er dann zur Zeit des Neumondes in a, so ist er beinahe genau in der durch Sonne und Erde gezogenen geraden Linie und wir sehn daher nichts von seiner erleuchteten Seite; aber indem er seine Bahn von a nach b durchläuft, eilt er der Sonne vor, d. h. er steht östlich von der Sonne, und da wir von der Erde aus die Hälfte prq sehn, so zeigt sich uns ein kleiner erleuchteter Theil qr und ein gröſserer dunkler Theil pr. Es läſst sich leicht übersehn, daſs die Breite des halben Theiles qr eben so viele Grade eines gröſsten Kreises auf dem Monde umfaſst, als der scheinbare Abstand des Mondes von der Sonne beträgt; denn da sr auf ST und pq auf LT senkrecht ist, so machen pq, sr einen Winkel = STL mit einander, und dieses heiſst offenbar, der uns sichtbare erleuchtete Theil umfaſst so viele Grade, als der scheinbare Abstand STL des Mondes von der Sonne. Dieses gilt wenigstens so nahe genau als man die von der Sonne nach der Erde

Digitized by Google

und nach dem Monde gezogenen Linien als parallel ansehn kann. Es ist also der Mond genau halb erleuchtet, wenn er 90 Grade von der Sonne absteht, und zwar sagen wir, er sey im *ersten Viertel*, wenn der Mond 90° östlich von der Sonne steht und uns seine westliche Hälfte erleuchtet zeigt. Da er sich um diese Zeit und überhaupt vom Neumonde bis zum Vollmonde immer weiter von der Sonne entfernt, also der Winkel STL gröſser wird, so haben wir dann *zunehmenden* Mond, eine fortwährende Vergröſserung des erleuchteten Theils (*luna crescens; lune croissante; the crescent*), und diese Zunahme dauert bis zum Vollmonde fort. Befindet sich der Mond in c, der Sonne gerade gegenüber, so sehn wir seine ganze uns zugekehrte Oberfläche erhellt und er zeigt sich als *Vollmond*. Nach dem Vollmonde nimmt der scheinbare Abstand des Mondes von der Sonne wieder ab und eben so nimmt die Breite seines erleuchteten Theiles ab, weshalb er dann *abnehmender* Mond (*luna decrescens*) heiſst; bei seiner Stellung in d erscheint er wieder 90° von der Sonne und nun westlich von derselben, wobei dann sein östlicher Theil der erleuchtete ist. Endlich kehrt er zu der Stellung, wo er nahe bei der Sonne erscheint, zurück und es ist wieder Neumond. Diese ganze Periode umfaſst die Reihe aller *Mondwechsel* und heiſst eine *Lunation*; sie stimmt mit einem *synodischen Monate* überein und ist etwas länger als ein Umlauf des Mondes um die Erde, weil wegen des scheinbaren Fortrückens der Sonne der Neumond nicht zum zweiten Male eintritt, wenn der Mond wieder in a ankommt oder einen *siderischen Umlauf* vollendet hat, sondern wenn er so viel weiter fortgerückt ist, daſs er die unterdeſs scheinbar fortgerückte Sonne wieder erreicht.

Bei jeder Phase des Mondes ist die *Lichtgrenze* oder die Linie, welche den uns sichtbaren erleuchteten Theil von dem unerleuchteten trennt, ein auf der Oberfläche des Mondes gezogener gröſster Kreis, dessen Ebene auf der durch die Mittelpuncte der beiden Himmelskörper und das Auge des Beobachters gelegten Ebene senkrecht steht. Dieser gröſste Kreis erscheint uns aber als eine Ellipse, deren groſse Axe der zwischen den *Hörnern* (oder äuſsersten Spitzen des erleuchteten oder dunkeln Theiles) gezogene Durchmesser ist und deren halbe kleine Axe durch den gröſsten Abstand zwischen der Lichtgrenze und der durch die Hörnerspitzen gezogenen geraden Linie be-

Digitized by Google

stimmt ist. Da dieser Abstand auf einem Durchmesser, welcher gegen die Linie durch die Hörner senkrecht ist, gemessen wird und alle vom Auge des Beobachters nach verschiedenen Puncten des Mondes gezogene Linien als parallel angesehn werden können, so ist dieser Abstand dem Cosinus des uns sichtbaren erleuchteten Theiles des Mondes proportional. Es
Fig. 59. sey nämlich A B der Durchmesser des Mondes, welcher die uns zugekehrte Seite von der abgewandten Seite trennt, indem die Erde in T steht, so erscheint D uns als Mittelpunct der sichtbaren Mondscheibe, und wenn E in der Lichtgrenze liegt, die Sonne aber nach der Richtung LS steht, so ist BE der uns sichtbare erleuchtete Bogen; die nach dem Auge des Beobachters gezogenen Linien LT, Et sehn wir als parallel an und der erleuchtete Theil hat daher eben die scheinbare Breite, wie BF = LE . Sin. vers. BE; LF dagegen ist dem Abstande der Lichtgrenze vom Mittelpuncte des Mondes gleich. Hiernach kann man die Mondphase für einen bestimmten Zeitpunct zeichnen. Steht z. B. der Mond zu dieser Zeit 48¼ Grad von der Sonne entfernt, so ist auch der erleuchtete uns zugekehrte Bogen 48¼ Grad, und wenn DE die Linie durch die Hörner des
Fig. 60. Mondes darstellt, so muſs man CG = CE . Cos. 48¼° = ⅔ CE auftragen, um den Durchschnitt der Lichtgrenze mit dem Diameter AB zu erhalten. Zieht man dann cb, c′b′ mit CB parallel und nimmt überall cg = ⅔ cb, so ist die durch g, G, g′ gezogne Linie die Lichtgrenze und DGEB stellt die Phase des Mondes dar. Da für 90° Abstand von der Sonne der Cosinus = 0 ist, so geht die Ellipse DgGg′E dann, d. h. in den Quadraturen, in eine gerade Linie über; für den Abstand = 0° im Neumonde und = 180° im Vollmonde ist der Cosinus = 1 und die Lichtgrenze fällt dann mit dem Mondrande zusammen, indem der Mond das eine Mal gar nicht, das andere Mal ganz erleuchtet erscheint. Wenn man den Mond mit Fernröhren beobachtet, so erscheint die Lichtgrenze nicht als eine elliptische rein gezogene Linie, sondern sie hat Einbeugungen und Ausbeugungen, ja einzelne Lichtpuncte liegen ganz getrennt von dem erleuchteten Theile in der Nachtseite des Mondes. Dieses hat in der bergigen Oberfläche des Mondes seinen Grund und die in der Nachtseite liegenden hellen Puncte sind erleuchtete Bergspitzen. In Beziehung hierauf hat Hevel die Mondphasen in 40 verschiedenen Darstellungen abgezeichnet; er giebt

Digitized by Google

diesen Phasen eigene Namen, z. B. *phasis lunae corniculatae crescentis* am 3ten Tage, *phasis lunae falcatae crescentis* am Ende des dritten Tages, *phasis lunae lunatae crescentis* am 5ten Tage nach dem Neumonde u. s. w.

Eben so spricht man nun auch von Phasen oder Lichtgestalten, welche die Sonne uns bei Sonnenfinsternissen, der Mond bei Mondfinsternissen darstellt. Bei Mondfinsternissen ist die wahre Grenze des Schattens kein Kreis, sondern eine Linie, die als aus dem Durchschnitte des Schattenkegels mit der Kugel-Oberfläche des Mondes entstehend bestimmt werden muſs.

Auch an den untern Planeten und am Mars beobachten wir eine Ungleichheit der Phasen. Was zuerst die Phasen der untern Planeten, des Mercurius und der Venus, betrifft, so zeigen sie sich auf folgende Weise. Wenn die *Venus* als Abendstern nach Sonnen-Untergang sichtbar zu werden anfängt, so ist sie beinahe ganz erleuchtet und zeigt sich durch Fernröhre als eine helle runde Scheibe. Sie ist nämlich dann weiter als die Sonne von uns entfernt und wir sehn daher ihre ganze von der Sonne erleuchtete Seite. Sie entfernt sich hierauf ostwärts von der Sonne und bleibt am Abendhimmel länger sichtbar; ihre Lichtphase ist dann abnehmend, und wenn sie am weitesten von der Sonne entfernt ist, erscheint sie uns halb erleuchtet, wie der Mond im ersten Viertel. Zu dieser Zeit nämlich steht die Erde T in der Richtung der Tangente der Venusbahn und wir sehn Fig. 61.
daher von der Venus V die Hälfte der erleuchteten und die Hälfte der dunkeln Seite. Während hierauf die Venus sich scheinbar wieder der Sonne nähert und kürzere Zeit nach Sonnen-Untergang sichtbar bleibt, rückt sie nach W zu und von dem erhellten Theile wird uns stets weniger sichtbar, sie gleicht immer mehr dem Monde kurz nach dem Neumonde, und wenn sie im W zur untern Conjunction mit der Sonne kommt, kehrt sie uns ganz ihre dunkle Seite zu. Nach diesem Zeitpuncte wird sie Morgenstern und steht westlich von der Sonne, sie zeigt nun ein zunehmendes Licht, eine immer breiter werdende Lichtphase, und gleicht, da sie an der Ostseite erleuchtet ist, dem abnehmenden Mond kurz vor dem Neumonde; sie ist halb erleuchtet, dem letzten Viertel gleich, wenn sie in X die Stellung erreicht, wo sie am meisten sich von der Sonne entfernt, und kehrt dann allmälig zum vollen Lichte zurück, wäh-

Digitized by Google

rend sich ihr Abstand von der Erde vergröſsert, weshalb sie gegen die Zeit ihrer untern Conjunction immer kleiner, obgleich in immer gröſserer Lichtphase, erscheint. Wenn man auf die Bewegung der Erde in ihrer Bahn Rücksicht nimmt, so ändert sich diese Betrachtung nur insofern, als die Erscheinungen bei andern Stellungen der Venus in ihrer Bahn eintreten, in Beziehung auf ihre von der Erde aus gesehene scheinbare Stellung gegen die Sonne bleibt alles eben so[1]. Für den Mercurius gelten ganz gleiche Bestimmungen.

Der *Mars*, der nie zwischen der Erde und der Sonne steht, hat eine andre Folge der Phasen. Ist er mit der Sonne in Conjunction, so ist er entfernter als diese und kehrt der Erde seine ganze erleuchtete Seite zu, und wenn er in der Opposition der Sonne gegenüber steht, so sehn wir ihn wieder ganz erleuchtet. In der Zwischenzeit zwischen diesen beiden Erscheinungen sehn wir ihn nicht voll erleuchtet, sondern wenn der Mars in M, die Erde in T, die Sonne in S steht, ist der uns zugekehrte unerleuchtete Theil durch den Winkel SMT bestimmt. Eben so viele Grade nämlich, als dieser Winkel enthält, umfaſst auch der unerleuchtete, uns sichtbare Bogen des gröſsten Kreises, der in der Ebene SMT liegt. Der Winkel SMT wird niemals über 41° und wir sehn daher immer mehr als 139° dieses gröſsten Kreises erleuchtet, das ist fast immer mehr, als wir vom Monde drei Tage nach dem Vollmonde sehn. Am meisten ist uns von der dunkeln Seite zugekehrt, wenn der Winkel STM 90 Grade beträgt. Beim *Jupiter* ist kein Unterschied der Phasen mehr merklich, weil der uns zugekehrte Theil der dunkeln Seite nur wenige Grade betragen kann.

Fig. 62.

In den neuern physikalischen Schriften kommt das Wort *Phase* noch in einer andern Bedeutung vor. Nach Newton's Theorie der Anwandelungen des leichtern Durchgangs und der leichtern Zurückwerfung des Lichtes findet bei den Lichttheilchen eine Folge verschiedener Zustände statt, vermöge welcher das Lichttheilchen vom Zustande der Fähigkeit am leichtesten zurückgeworfen zu werden zu dem Zustande einer minder und minder leichten Reflexibilität übergeht und, nachdem es hier ein gewisses Aeuſserstes erreicht hat, wieder rückwärts eben die

1 Noch einige genauere Angaben s. im Art. *Venus*.

Digitized by Google

Abstufungen durchläuft. Diese in gleichen Perioden immer wiederkehrenden Zustände nennt man die verschiedenen *Phasen der Anwandelungen.* Ganz eben so gebraucht man das Wort in Beziehung auf die Undulationen des Lichts in der Undulationstheorie. Bei jeder Art von vibrirender Bewegung geht das Theilchen eine Zeit lang von dem Orte des Gleichgewichts vorwärts bis zu einem gewissen Maximum der Ausweichung, dann kehrt es bis zu dem Orte des Gleichgewichts zurück, hierauf wird es durch seine erlangte Geschwindigkeit, vermöge der Trägheit, über den Ort des Gleichgewichts rückwärts geführt und erlangt ein Maximum des Rückgehens; endlich geht es abermals vorwärts zu dem Orte des Gleichgewichts und es erneuern sich dann alle die vorhergegangenen Erfolge. So unterscheidet man vier *Hauptphasen* der hin und her gehenden Schwingung des Theilchens, kann aber jeden momentanen Zustand, der in einem gewissen Augenblicke statt findet, als eine bestimmte Phase auffassen. Die genauere Erörterung würde hier zu weit führen. *B.*

Phlogiston.

Brennbares, Brennstoff; *Phlogiston;* Phlogistique; *Phlogiston.*

Die brennbaren Körper unterscheiden sich dadurch von den unverbrennlichen, daſs sie bei einer gewissen, meistens höhern, Temperatur Feuer entwickeln und unter auffallender Veränderung ihres Wesens in einen unverbrennlichen Zustand übergehn. Die ältern Chemiker nahmen daher an, die brennbaren Körper enthielten ein gemeinschaftliches Princip, dem sie diese Eigenschaft verdankten und welches beim Verbrennen entwiche. Dasselbe wurde früher bald *Sulphur*, bald *Oleum* genannt, bis *Stahl*, welcher die Becher'sche Lehre von der Verbrennung vollständiger ausbildete, es als Phlogiston in die Chemie einführte. Beim Erhitzen der brennbaren Körper sollte das Phlogiston entweichen, hierdurch die Erscheinungen der Verbrennung hervorbringen und der von seinem Phlogiston befreite brennbare Körper bliebe als verbrannter Körper zurück. Hiernach sollten alle Metalle Verbindungen seyn von metallischen Erden oder Metallkalken (unsern jetzigen Metalloxyden) und Phlogiston, daher bei ihrem Erhitzen durch Austreibung des Phlogistons Metallkalke enständen. Diese Kalke sollten durch Kohle dadurch

wieder zu Metallen reducirt werden, daſs sie aus derselben, als einem an Phlogiston sehr reichen Körper, das Verlorne wieder in sich aufnähmen. Der Schwefel wurde als eine Verbindung von Schwefelsäure und Phlogiston angesehn, welche bei Verlust eines Theils des Phlogistons in schwefelige Säure und bei völliger Dephlogistisirung in Schwefelsäure übergehe.

Die Unmöglichkeit, diese hypothetische Materie für sich darzustellen, veranlaſste verschiedene Hypothesen über deren Wesen; bald sollte das Phlogiston eine Verbindung von Feuer mit einer zarten Erde seyn, bald wurde es für gebundenen Lichtstoff erklärt, bald hielt man Kohle und brennbare Luft für das fast reine Phlogiston. Als man sich gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts überzeugte, daſs die Körper beim Verbrennen, wiewohl sie Phlogiston verlieren sollten, an Gewicht nicht ab-, sondern zunähmen, daſs das Verbrennen nur in der Luft oder in Berührung mit Salpeter erfolge, als Priestley und Scheele das Sauerstoffgas entdeckten und zeigten, daſs dieses der beim Verbrennen der Körper thätige Bestandtheil der Luft sey, und als endlich Lavoisier durch genaue Messungen und Wägungen zeigte, daſs die Körper beim Verbrennen gerade so viel an Gewicht zunehmen, als dabei Sauerstoffgas verschwindet, so wurde die Lehre vom Phlogiston, nachdem man vergeblich versucht hatte, sie durch mannigfache Abänderungen mit den neuern Erfahrungen in Einklang zu bringen, von der noch jetzt geltenden *antiphlogistischen Lehre* verdrängt und überall, wo man sonst annahm, daſs ein Körper Phlogiston verliere oder aufnehme, nimmt man jetzt umgekehrt an, daſs er Sauerstoff aufnehme oder verliere, so daſs der Sauerstoff als das Entgegengesetzte vom Phlogiston angesehn werden kann [1]. *G.*

Phoronomie.

Phoronomia; Phoronomie; ist ein neulateinisches, vom griechischen Worte *φέρειν*, tragen, bringen, fortschaffen, abgeleitetes Wort und bezeichnet soviel als Bewegungslehre. In dieser Bedeutung ist es vorzüglich durch den Geometer Jacob Hermann [2] aus Basel gebraucht und dadurch bekannt gewor-

---

1 Vergl. *Verbrennung.*

2 Phoronomia, seu de viribus et motibus corporum solidorum et liquidorum Libb. II. Amstel. 1716. 4.

Digitized by Google

den, in späteren Schriften aber, worin die gesammte Lehre von der Bewegung durch das Wort *Mechanik* bezeichnet wird, findet man dasselbe seltner, und es bezeichnet dann die Bewegung an sich ohne Rücksicht auf die bewegenden Kräfte. Uebereinstimmend hiermit unterscheidet Kant[1] die Phoronomie, „welche die Bewegung als ein reines Quantum, nach seiner Zusammensetzung, ohne alle Qualität des Beweglichen, betrachtet," von der Dynamik. Später wird dieser Ausdruck noch zuweilen oder auch häufig von den Naturphilosophen gebraucht, findet sich aber in eigentlichen physikalischen und mathematischen Werken selten oder nie. *M.*

Phosphor.

Lichtträger; *Phosphorus;* Phosphore; *Phosphorus.*

Unter Phosphor verstand man sonst im weitern Sinne einen jeden Körper, der die Eigenschaft hat, im Dunkeln zu leuchten, zu welchen dann auch der sogenannte *Harnphosphor* gezählt wurde, bis man später den Namen Phosphor ſast ausschlieſslich für diesen beibehielt.

Die Phosphoren im weitern Sinne leuchten theils in Folge eines Verbrennungsprocesses, wie der Harnphosphor, theils ohne irgend eine chemische Aenderung[2]. Zu diesen gehören vorzüglich die Phosphoren durch Bestrahlung oder Insolation oder die Lichtsauger, Lichtmagnete. Die wichtigsten Lichtmagnete sind: 1) *Canton's Phosphor,* welchen man nach Canton durch heftiges einstündiges Glühen eines Gemenges von 3 Theilen calcinirten und gepulverten Austerschalen und einem Theile Schwefel in einem Tiegel erhält, nach Grotthuss, indem man für sich geglühte Austerschalen unverkleinert in einem Tiegel so mit Schwefelblumen schichtet, daſs ihre innere Fläche nach unten zu liegen kommt und wenigstens eine Stunde lang im Windofen glüht. Wendet man bei dieser Weise von Grotthuss statt der Schwefelblume das Pulver von Schwefelantimon oder rothem Schwefelarsenik an, so erhält man Osann's *Antimonleuchtstein* und *Realgar-Leuchtstein.* 2) *Bononischer*

1 Metaphys. Anfangsgründe der Naturwissenschaft. Vorr. p. XX.

2 Vergl. Art. *Licht* Bd. VI. S. 286.

Digitized by Google

Leuchtstein, durch einstündiges Glühen eines aus eisenfreiem Schwerspathpulver und Traganthschleim bereiteten und in platte Kuchen geformten Teiges in einem Windofen zwischen kleinen Kohlen zu erhalten; 3) *Arsenikleuchtstein*, nach Osann durch Glühen ähnlicher Kuchen, die aus arseniksaurem Baryt und Traganthschleim gebildet sind, darzustellen; 4) *Hombergischer Phosphor*, durch starkes Erhitzen von allem Wasser befreiten Chlorcalciums; 5) *Balduin'scher Phosphor*, durch Erhitzen entwässerten salpetersauren Kalks; 6) *Chlorophan*, ein bei Nertschinsk vorkommender, vorzüglich lebhaft leuchtender Fluſsspath; und die meisten Diamanten. *G.*

Phosphor.

Urinphosphor, Harnphosphor, Kunkel'scher, Brandt'scher Phosphor; *Phosphorus*; Phosphore; *Phosphorus*.

Ein nicht metallischer, unzerlegter Stoff, von Brandt 1669 zufällig im Harne entdeckt. Er wird jetzt vorzüglich aus der Beinasche dargestellt, welche dem gröſsten Theile nach aus phosphorsaurem Kalke besteht, indem man die aus derselben abgeschiedene Phosphorsäure, mit Kohle gemengt, in irdenen Retorten einer starken Glühhitze aussetzt.

Der Phosphor ist blaſsgelb, durchsichtig, fettglänzend, von dem specifischem Gewichte 1,70 bis 1,77, in der Kälte spröde, bei gewöhnlicher Temperatur von Wachsconsistenz, und krystallisirt aus einigen seiner Auflösungen in Oktaëdern und Rhomboidaldodekaedern. Er schmilzt bei 45° bis 46° C. zu einer ölähnlichen Flüssigkeit und siedet bei 290° C. Er zeigt einen knoblauchartigen Geruch, scharfen, widerlichen Geschmack und sehr giftige Wirkungen.

Noch nicht genügend erklärt ist die Veränderung, welche der Phosphor im Lichte erleidet, welches ihn in eine braunrothe, pulverige, erst über 100° schmelzende und viel weniger leicht entzündliche Materie, in die *rothe Phosphorsubstanz*, verwandelt. Die frühere Annahme, daſs diese Materie ein Oxyd des Phosphors sey, wird dadurch unwahrscheinlich, daſs sie sich auch im luftleeren Raume, in Wasserstoffgas und andern Gasen bildet, die keinen Sauerstoff enthalten, kurz unter Umständen,

Digitized by Google

wo aller Sauerstoff abgehalten ist, sobald nur das Licht auf den Phosphor zu wirken Gelegenheit hat. Ob nun bei diesen Versuchen eine ganz kleine Menge Sauerstoff, die zur Bildung dieser Substanz schon hinreichend wäre, übersehn worden ist, oder ob das Licht oder ein Theil desselben durch seine Verbindung mit dem Phosphor dieselbe erzeugt, oder ob endlich das Licht aus dem Phosphor irgend eine wägbare oder unwägbare Materie entwickelt, wo dann diese Substanz zurückbliebe, ist noch zu erforschen.

Der Phosphor bildet mit dem Sauerstoff drei verschiedene Säuren.

Die unterphosphorige Säure (16 Phosphor nach Dulong auf 6, nach H. Rose auf 4 Sauerstoff) ist nicht für sich bekannt; sie bildet mit Wasser ein syrupartiges Hydrat, welches beim Erhitzen ein nicht bei gewöhnlicher Temperatur entzündliches Phosphorwasserstoffgas entwickelt, und mit Salzbasen leicht in Wasser lösliche Salze, bei deren Erhitzen, da sie immer Wasser enthalten, leicht entzündliches Phosphorwasserstoffgas erzeugt wird, unter gleichzeitiger Bildung von Phosphorsäure.

Die phosphorige Säure (16 Phosphor auf 12 Sauerstoff) entsteht beim unvollkommnen Verbrennen des Phosphors, z. B. beim Erhitzen desselben in einer engen Glasröhre, worin nur langsamer Luftwechsel statt findet, oder in verdünnter Luft, so wie bei der langsamen Verbrennung. Diese letztere zeigt der Phosphor in Sauerstoffgas, welches sich unter dem gewöhnlichen Luftdrucke befindet, erst über 27°, aber bei um so niedrigerer Temperatur, je mehr es verdünnt wird. Gleich der Verdünnung des Sauerstoffgases durch verminderten äuſsern Druck wirkt dessen Ausdehnung durch Mengung mit andern Gasen, wie mit Stickgas oder Wasserstoffgas, daher zeigt der Phosphor in der atmosphärischen Luft schon über 7° die langsame Verbrennung, und Sauerstoffgas, welches sich mit dem Dampfe des Phosphors unter 27° beladen hat, leuchtet sowohl beim Ausdehnen desselben, als beim Hinzulassen von Stickgas und andern Gasen. Umgekehrt hindert das Zusammenpressen der atmosphärischen Luft die langsame Verbrennung des Phosphors bei gewöhnlicher Temperatur. Warum beim verdünnten Zustande des Sauerstoffgases der Verbrennungspunct niedriger ist, als beim verdichteten, ist übrigens noch nicht erklärt. Die langsame Verbrennung des Phosphors ist mit schwacher Licht- und Wärme-Ent-

Digitized by Google

wickelung und Bildung eines Nebels verbunden; die sich bildende phosphorige Säure verbindet sich mit dem in der Luft verbreiteten Wasserdampfe zu einem Syrup und geht durch weiteres Anziehen von Sauerstoff in ein Gemisch von phosphoriger und Phosphor-Säure über, welches einige Chemiker als eine eigenthümliche Säure, die *phosphatische* oder *Unterphosphor-Säure*, betrachten. Die phosphorige Säure erscheint in wasserfreiem Zustande in zarten, weiſsen, leicht verdampfbaren Flokken von knoblauchartigem Geruche und stechend saurem Geschmacke. Sie bildet mit Wasser ein krystallisirbares Hydrat, welches beim Erhitzen in nicht bei gewöhnlicher Temperatur entzündliches Phosphorwasserstoffgas und in zurückbleibendes Phosphorsäure-Hydrat zerfällt. Sie zerflieſst an der Luft zu Syrup; mit Salzbasen bildet sie weniger in Wasser lösliche Salze, als die unterphosphorige Säure, welche beim Erhitzen unter Zersetzung des in ihm noch enthaltenen Wassers in phosphorsaure Salze und in Wasserstoffgas zerfallen.

Die *Phosphorsäure* (16 Phosphor auf 20 Sauerstoff) entsteht beim raschen Verbrennen des Phosphors, so wie bei seiner Oxydation durch Salpetersäure und viele andere Sauerstoffverbindungen. Die rasche Verbrennung des Phosphors in Luft oder Sauerstoffgas erfolgt unter den gewöhnlichen Umständen ungefähr bei 60°; doch kann die bei gewöhnlicher Temperatur eintretende langsame Verbrennung durch die hiermit verbundene Wärmeentwickelung unter günstigen Umständen in die rasche Verbrennung übergehn; auch entzündet sich der Phosphor bei gewöhnlicher Temperatur unter der Glocke einer Luftpumpe, wenn man ihn mit Baumwolle, Harz- oder Schwefelpulver bedeckt und die in der Glocke enthaltene Luft rasch verdünnt, eine Erscheinung, die mit der eben erwähnten Begünstigung des langsamen Verbrennens durch Verdünnung des Sauerstoffgases zusammenhängt.

Auf der raschen Verbrennung des Phosphors beruht seine Anwendung zu *Phosphorfeuerzeugen*, von denen folgende die wichtigsten sind. 1) Man bringt in ein kleines Glas ein Stück Phosphor, den man durch gelinde Wärme schmelzt und dann erkalten läſst. Beim Gebrauche drückt man ein Schwefelholz stark gegen den Phosphor, so daſs sich etwas anhängt, und reibt es dann so lange auf Holz, Kork u. s. w. hin und her, bis der Phosphor durch die erzeugte Wärme entflammt wird. Bisweilen

Digitized by Google

wird auch der Phosphor in Fläschchen mit etwas Schwefel oder Kampher zusammengeschmolzen, wobei jedoch die Unbequemlichkeit des Reibens bleibt. — 2) Man erhitzt den im Fläschchen enthaltenen, möglichst trocknen Phosphor über seinen Schmelzpunct hinaus, bläst mit einem Löthrohre wiederholt Luft hinein, wobei lebhafte Entzündung eintritt, und schüttelt den Phosphor nach jedesmaligem Einblasen. Es bilden sich hierbei, neben etwas rother Phosphorsubstanz, die nichts zur leichtern Entzündung beitragen kann, weiſse Flocken, wahrscheinlich von unterphosphoriger und phosphoriger Säure, welche, dem unveränderten Phosphor beigemengt, dessen Entzündung bei gewöhnlicher Temperatur bewirken, weil sie durch schnelles Anziehen von Feuchtigkeit aus der Luft Temperaturerhöhung veranlassen, und vielleicht zugleich, weil die trockne unterphosphorige Säure (die man sonst für sich nicht kennt) schon bei gewöhnlicher Temperatur entzündlich ist. Wiederholtes Umrühren des Phosphors mit einem erhitzten Drahte hat eine ähnliche Wirkung, wie das Hineinblasen von Luft. Ein Schwefelholz gegen den so veränderten Phosphor gedrückt entzündet sich augenblicklich beim Herausziehen. Ein solches Feuerzeug hält sich, wenn man durch sorgfältiges schnelles Verschlieſsen mit einem guten Stöpsel (der, wenn er von Glas ist, mit Talg bestrichen seyn muſs) die Feuchtigkeit der Luft möglichst abhält, gegen ein Jahr. 3) Auch kann man in einer Flasche feingepulverten, frischgebrannten Kalk oder frischgebrannte Bittererde mit etwas Phosphor unter öfterm Schütteln erhitzen, bis sich ein gelbes pulveriges Gemenge gebildet hat, welches sich dann an das Schwefelholz hängt und bei der Berührung mit der Luft sogleich entflammt. 4) Auch die *Turiner Kerzen* gehören hierher. In das zugeschmolzene Ende einer 3 bis 5 Zoll langen und 1 bis 2 Linien breiten Glasröhre bringt man ein Körnchen trocknen Phosphor, worauf man den mit Wachsöl oder Nelkenöl befeuchteten und mit Schwefelblumen bestreuten Docht einer dünnen Wachskerze bis zum Phosphor schiebt, dann den Phosphor bis zum Schmelzen erwärmt, das andre Ende zuschmelzt und die Röhre einen Zoll unter dem Phosphor mit einem Feilstriche versieht; beim Gebrauche zerbricht man die Röhre an dem Feilstriche, reibt den Docht mit dem Phosphor einigemal in der Röhre hin und her und zieht ihn dann heraus, worauf Entzündung eintritt. Wie viel Umstände, um einmal

Digitized by Google

Feuer zu haben! Ueberhaupt haben alle Phosphorfeuerzeuge die zwei Uebelstände, daſs sie beim Gebrauche einen unangenehmen Geruch verbreiten und daſs beim Verbrennen des Phosphors die nicht verdampfbare und leicht schmelzbare Phosphorsäure entsteht, die den durch den Phosphor zu entzündenden brennbaren Körper leicht so überzieht, daſs sich die Entzündung nicht auf ihn fortpflanzt.

Die wasserfreie Phosphorsäure, wie man sie durch Verbrennen des Phosphors in trockner Luft erhält, erscheint in weiſsen Flocken in der Rothglühhitze schmelzend, in der Weiſsglühhitze verdampfend, geruchlos und von starksaurem Geschmacke. Sie bildet mit wenig Wasser ein glasähnliches, leicht schmelz- und verdampfbares Hydrat, krystallisirt mit mehr Wasser in wasserhellen Säulen und löst sich in noch mehr mit gröſster Leichtigkeit zu einer je nach dem Verhältnisse syrupartigen oder dünnen Flüssigkeit. Die Verbindungen der Phosphorsäure mit Salzbasen schmelzen in der Glühhitze verschieden leicht, gröſstentheils ohne weitere Veränderung; nur wenige lösen sich in Wasser, auſser bei Ueberschuſs von Phosphorsäure; dagegen sind sie alle in Salpetersäure löslich. Die Phosphorsäure erleidet sowohl für sich, als auch in einigen ihrer Salze durch das Glühen eine besondere Modification; z. B. schlägt sie erst nach dem Glühen und Wiederauflösen in Wasser den Eiweiſsstoff nieder, und das geglühte phosphorsaure Natron krystallisirt anders als das nicht geglühte u. s. w. Man unterscheidet deshalb von der gewöhnlichen Phosphorsäure die *Pyro-Phosphorsäure* oder besser *Glüh-Phosphorsäure.*

Mit dem Wasserstoff bildet der Phosphor zwei Arten von *Phosphorwasserstoffgas*, die sich dadurch unterscheiden, daſs das eine unter den gewöhnlichen Umständen sich schon bei mittlerer Temperatur an der Luft entzündet, das andere erst bei höherer. Das leichter entzündliche, welches auf 16 Phosphor nach Dumas 1, nach H. Rose $1\frac{1}{2}$ Wasserstoff hält, wird vorzüglich durch Zusammenbringen von Phosphorcalcium mit Wasser, durch Erhitzen von Phosphor mit Wasser und einem fixen Alkali und durch Erhitzen unterphosphorigsaurer Salze dargestellt. Sein specifisches Gewicht ist nach Dumas = 1,761, nach H. Rose = 1,147. Es ist farblos, riecht widrig nach faulen Fischen, verbrennt an der Luft mit lebhafter Flamme, in Berührung mit Sauerstoffgas unter heftiger Verpuffung zu Phosphor-

säure und Wasser, wird nur sehr wenig von Wasser verschluckt und geht, dem Ammoniak analog, mit Hydriodsäure, Hydrobromsäure und einigen Chlor- und Brom-Metallen feste Verbindungen ein.

Das schwieriger entzündliche Phosphorwasserstoffgas enthält auf 16 Phosphor sowohl nach Dümas als nach H. Rose $1\frac{1}{2}$ Wasserstoff (sofern nach Letzterm beide Gase, abweichender Eigenschaften ungeachtet, nach demselben Verhältnisse zusammengesetzt sind, analog der gewöhnlichen und der Glüh-Phosphorsäure). Es entwickelt sich beim Erhitzen des Hydrats der unterphosphorigen Säure und entzündet sich in Berührung mit Luft und Sauerstoffgas bloſs in der Hitze, auſser wenn man den Luftdruck vermindert, so daſs, wenn man dieses Gas in einer mit Quecksilber gefüllten, geneigten Röhre mit Sauerstoffgas mengt und dann die Röhre aufrecht stellt, mit dem hierdurch verminderten Luftdrucke Entzündung und meist Zerschmetterung der Glasröhre erfolgt, was mit dem leichtern Verbrennen des Phosphors in verdünntem Sauerstoffgas zusammenhängt.

Der Phosphor entzündet sich bei gewöhnlicher Temperatur in Chlorgas und verbrennt, je nach dem Verhältnisse zu *Anderthalb-* oder zu *Drittalb-Chlorphosphor.* Der erstere (16 Phosphor auf 54 Chlor) ist eine dünne, wasserhelle Flüssigkeit von dem specifischem Gewichte 1,45, bei 78° C. siedend, die in Berührung mit Wasser in Salzsäure und phosphorige Säure zerfällt. Der letztere (16 Phosphor auf 90 Chlor) erscheint als eine weiſse, krystallinische, leicht verdampfbare Materie und zersetzt sich mit Wasser schnell und unter lebhafter Erhitzung in Salzsäure und Phosphorsäure. Die Verbindung des Phosphors mit *Jod* erfolgt unter starker Wärmeentwickelung zu einer schwarzen oder bei überschüssigem Phosphor braungelben, schmelzbaren Masse, die durch Wasser in Hydriodsäure und phosphorige Säure zersetzt wird. *Der Selenphosphor* ist dunkelbraun. Um den *Schwefelphosphor* zu bereiten, erwärmt man gelinde Phosphor mit Schwefelblumen; da die Verbindung unter Feuerentwickelung erfolgt, wodurch ein Theil der Masse aus dem Gefäſse geschleudert werden kann, so vereinigt man im Anfange nur kleine Mengen und überladet dann die entstandene Verbindung allmälig und abwechselnd mit Phosphor und mit Schwefel. Der Schwefelphosphor ist blaſsgelb, durchsichtig oder trübe, bei ungefähr gleichem Verhältnisse beider Bestandtheile schon

bei 0° oder etwas darüber flüssig und ziemlich leicht durch Reiben entzündbar. Auch löst sich der Phosphor schnell schon in $\frac{1}{8}$ seines Gewichtes Schwefelkohlenstoff zu einer farblosen Flüssigkeit, welche damit befeuchtetes und der Luft dargebotenes Papier in einigen Minuten entzündet. Mit den Metallen vereinigt sich der Phosphor in der Hitze zum Theil unter lebhafter Feuerentwickelung. Die Verbindungen des Phosphors mit Alkalimetallen sind braun, die übrigen sind meistens metallglänzend. Erstere zersetzen sich mit Wasser in Alkali und Phosphorwasserstoffgas; fast alle verbrennen beim Erhitzen an der Luft mit lebhaftem Lichte zu phosphorsaurem Metalloxyd.

G.

Photometer.

Photometrum; Photomètre; *Photometer*; (von φῶς, das Licht) ist ein Instrument zur Abmessung der Intensität des Lichtes oder der Erleuchtung.

Da das Auge nicht die Fähigkeit besitzt, ungleiche Grade der Erleuchtung oder des Lichtes gegen einander zu vergleichen, auch nicht die nach einander beobachteten Intensitäten von Licht mit Sicherheit als gleich oder ungleich, sobald es auf geringe Unterschiede ankommt, zu bestimmen, so ist zu einer genauen photometrischen Vergleichung fast durchaus erforderlich, daſs man die erleuchteten oder leuchtenden Gegenstände so anordne, daſs sie gleichzeitig, oder wenigstens sogleich nach einander, beobachtet werden und daſs sie unter Umständen beobachtet werden, wo sie als gleich erscheinen.

In Beziehung auf Erleuchtung ist das hierzu von Bouguer, Lambert und nachher von Rumford vorgeschlagene Verfahren zweckmäſsig. Wenn man die Erleuchtung einer gewissen Fläche messen will, so muſs man daneben die Erleuchtung eines Lichtes, das man als Maſs anzuwenden gewohnt ist, statt finden lassen und dieses nach und nach in andre Entfernungen bringen, bis man die durch dieses bewirkte Erleuchtung jener Erleuchtung gleich findet; dann kann man die abzumessende Erleuchtung mit einem zureichenden Grade von Genauigkeit bestimmen, z. B. als so groſs, wie die Erleuchtung durch die Flamme eines Wachslichtes von bestimmter Art, das aus zwei Fuſs Entfernung seine Strahlen senkrecht auf die erleuchtete Ebene fallen läſst.

Digitized by Google

Die von Lambert angegebene Anordnung, um diese Vergleichung anzustellen, besteht darin, daſs man die von zwei Lichtern geworfenen Schatten auf einer Fläche weiſsen Papiers auffängt. Es sey CD eine verticale, mit gleichförmig weiſsem Papiere überzogene Ebene, vor welcher ein schmaler Körper S aufgestellt ist. Fig. 63. Wird nun in einem dunkeln Zimmer zuerst nur in L dasjenige Licht, dessen erleuchtende Wirkung man bestimmen will, angebracht, so wirft der Körper S einen Schatten nach B, so daſs dahin von L kein Licht gelangt; stellt man hierauf ein zweites Licht in l auf, welches einen Schatten des Körpers S in A hervorbringt, so erkennt man leicht, ob der Schatten A oder B dunkler ist, und wenn l die in allen ähnlichen Fällen angewandte Lichtflamme ist, so muſs man durch Annäherung oder Entfernung derselben die Gleichheit beider Schatten hervorzubringen suchen. Wenn diese erreicht ist, so hat man bewirkt, daſs der Schatten B, in welchen bloſs vom Lichte l Lichtstrahlen gelangen, eben so stark erleuchtet ist, als der Schatten A, welcher bloſs von L Erleuchtung erhält, und wenn beide Lichter L und l ihre Strahlen sehr nahe senkrecht auf jene Fläche fallen lassen, so ergiebt die Entfernung des zum Maſse dienenden Lichtes l die Bestimmung der Erleuchtung, indem es in 10 Fuſs Entfernung nur $\frac{1}{4}$ der Erleuchtung wie in 5 Fuſs Entfernung, in 15 Fuſs Entfernung nur $\frac{1}{9}$ der Erleuchtung wie in 5 Fuſs Entfernung u. s. w. bewirkt. Bei der Anwendung dieses Photometers, das gewöhnlich unter Rumford's Namen angeführt wird, obgleich Lambert sich schon einer gleichen Methode bediente, dürfen die Lichtflammen nicht allzu nahe stehn, damit nicht der den eigentlichen Schatten umgebende Halbschatten eine Unsicherheit hervorbringe. Um die Gleichheit der Erleuchtung mit Sicherheit wahrzunehmen, müssen die Erleuchtungen gleichfarbig seyn, indem sonst das Urtheil des Auges nicht mehr die gehörige Sicherheit über die Gleichheit der Erleuchtung behält. Indeſs kann man in jedem Falle die Grenze der Sicherheit dadurch finden, daſs man l so nahe heranrückt, daſs die von diesem Lichte bewirkte Erleuchtung als ein wenig zu stark erkannt wird, und daſs man l so weit entfernt, bis man einen geringen Vorzug der andern Erleuchtung bemerkt; je geringer der bei diesem doppelten Versuche gefundene Unterschied der Entfernung ist, desto zuverlässiger ist das Urtheil des Auges über die Gleichheit der Erleuchtung.

Auf ganz ähnlichen Principien beruht die von Bouguer vorgeschlagene Lichtmessung, wo man zwei Flächen von vollkommen gleichem weiſsem Papiere und auch von gleicher Gröſse so aufstellt, daſs die eine von dem Lichte erleuchtet wird, dessen Lichtstärke man bestimmen will, die andre von dem Lichte, das man als Maſs zur Vergleichung anwendet. Das letztere wird genähert oder entfernt, bis man beide Erleuchtungen als gleich erkennt, und aus den verschiedenen Entfernungen, die der einen oder andern Beleuchtung entsprechen, wird die Vergleichung eben so, wie vorhin, abgeleitet[1]. Eine dieser von Bouguer vorgeschlagenen ähnliche Vorrichtung giebt Potter[2] an. Zwei Scheiben aus dünnem Papiere werden von der Hinterseite erleuchtet, und da ein gegen ihre Ebene senkrechter Schirm sich von ihnen bis zu den Lichtern erstreckt, diese aber sich an verschiedenen Seiten des Schirmes befinden, so erhält jede der beiden Papierflächen nur von einem Lichte her Erleuchtung. Die zur Erleuchtung dienenden Lichtflammen oder andern Erleuchtungsmittel können durch angebrachte Schrauben mit ihren Unterlagen leise fortgerückt werden, bis das Auge die Erleuchtung als gleich erkennt.

Ritchie hat diese Vergleichung der Erleuchtung bei seinem Photometer noch bequemer gemacht. Man nimmt zwei aus demselben Spiegel geschnittene ganz gleiche quadratische Spie-
Fig. 64. gelscheiben AB, AC und stellt sie in dem Kasten DE, unter 45 Graden geneigt gegen die Grundfläche, auf. Bei AF, AG sind zwei nur durch einen schmalen, undurchsichtigen Streifen getrennte Flächen von durchscheinendem Zeuge oder geöltem Papiere. Will man nun die Erleuchtung abmessen, die von irgend einem Lichte hervorgebracht wird, so stellt man dieses Licht der einen Oeffnung E des Kastens gegenüber, an der andern Seite dagegen wird das zur Vergleichung dienende Licht in einer solchen Entfernung aufgestellt, daſs die Erleuchtung beider Flächen AF, AG als gleich erscheint. Der Kasten ist inwendig geschwärzt, damit nur das vom Spiegel reflectirte Licht die Erleuchtung bewirke, und der Versuch muſs im dunkeln Zimmer angestellt werden.

Diese Photometer beziehen sich auf die Wahrnehmung glei-

1 Priestley Gesch. d. Optik. S. 295. 304.

2 Brewster's Journ. of Science. New Ser. T. III. p. 284.

Digitized by Google

cher Erleuchtung; aber auch zu Vergleichung der Lichtstärke, sofern sie sich als gesammter Eindruck auf das Auge wahrnehmen läſst, hat man Photometer angegeben. Dahin gehört Wollaston's Vorschlag, das Sonnenlicht von einer kleinen spiegelnden Glaskugel zurückwerfen zu lassen und dieses Bild, mit bloſsem Auge oder mit dem Fernrohre gesehn, mit dem Bilde einer Lichtflamme zu vergleichen. Das Bild der in einer kleinen Glaskugel gespiegelten Lichtflamme soll man, nach Wollaston's Anleitung, mit dem einen Auge durch eine Linse von 2 Zoll Brennweite betrachten, während man mit dem andern Auge durch ein Fernrohr nach dem Sonnenbilde in der entfernter stehenden kleinen Kugel sieht. Wollaston's Zweck bei diesen Vergleichungen war vorzüglich, den gesammten Glanz eines Sternes mit dem der Sonne zu vergleichen, und zu diesem Zwecke muſste man am Tage den Eindruck des Bildes der Lichtflamme dem des Sonnenbildes gleich zu machen suchen und dann am Abend den Eindruck der im Kugelspiegel gesehenen Lichtflamme mit dem direct gesehenen Sterne vergleichen. Befindet sich die Kugel vom Durchmesser $= B$ in der Entfernung $= D$ vom Auge, so drückt $\frac{\frac{1}{4}B}{D}$ verhältniſsmäſsig den scheinbaren Durchmesser des Sonnenbildes aus und der gesammte Eindruck des reflectirten Lichtes ist der Gröſse $\left(\frac{B}{4D}\right)^2$ proportional, wenn man den scheinbaren Durchmesser der Sonne immer als gleich annimmt. Bringt man nun die Lichtflamme in verschiedene Entfernungen $= d$, bedient sich aber immer derselben Kugel und läſst das Auge dieselbe Stellung einnehmen, so verhält sich der gesammte Glanz des Bildes der Flamme wie $\frac{1}{d^2}$. Gesetzt also das Sonnenbild sey gleich dem Bilde der in der Entfernung $= d$ aufgestellten Flamme, der Stern gleich dem Bilde der in der Entfernung $= \delta$ aufgestellten Flamme, so ist das Licht des Sternes $= \frac{B^2 . d^2}{16 D^2 . \delta^2}$, wenn das Licht der Sonne $= 1$ ist. Nach einigen Versuchen nahm Wollaston an, das Licht des Sirius gleiche einem Sonnenbilde in einer Kugel von 0,1 Zoll Durchmesser gespiegelt und in 210 Fuſs Entfernung gesehn; dieſs würde das Licht des Sirius $= \frac{0{,}01}{16 . 2520^2} = \frac{1}{10160000000}$

Digitized by Google

(weil 210 Fuſs = 2520 Zoll sind) geben, oder wenn man annimmt, daſs nur die Hälfte des Lichts reflectirt wird, so ist das Licht des Sirius so schwach, daſs 20000 Millionen Sterne wie Sirius erst die Sonne ersetzen würden. Die Sonne würde zu einer 140000maligen Entfernung hinaus rücken müssen, um so lichtschwach zu erscheinen [1].

Es verdiente wohl eine nähere Prüfung, in welchem Grade übereinstimmend wiederholte Versuche dieser Art ausfallen; daſs man keine so sehr groſse Genauigkeit von dieser Methode erwarten darf, ist ziemlich einleuchtend, und Wollaston's Versuche scheinen dieses auch zu beweisen. Wie man den Spiegel des Heliotrops einigermaſsen zu dem Zwecke, das Sonnenlicht mit dem Kerzenlichte zu vergleichen, anwenden kann, habe ich im Art. *Heliotrop* angedeutet.

Um den Glanz verschiedener Sterne mit einander zu vergleichen, hat Herschel die Methode angewandt, durch zwei ganz gleiche, neben einander aufgestellte Teleskope abwechselnd zu beobachten. Man verkleinerte die Oeffnung desjenigen Teleskops, in welchem der gröſsere Stern beobachtet wurde, bis sein Licht so geschwächt erschien, daſs man ihn dem kleinern, im andern Fernrohre beobachteten Sterne gleich schätzte. Da man dann aus dem Verhältnisse der beiden Durchmesser der bei den Beobachtungen angewandten Oeffnungen der Fernröhre das Verhältniſs des von ihnen zu einem Bilde vereinigten Lichtes kannte, so ergab sich eine Vergleichung der Lichtstärke beider Sterne.

Wo es bloſs auf eine schärfere Vergleichung der Gleichheit des Lichtes ankommt, da können Verdunkelungsgläser von ungleichem Grade der Durchsichtigkeit dienen; zwei Sterne, die durch dasselbe Glas nur noch allenfalls gesehn werden können, sind gleich hell. Diese Vergleichung setzt indeſs, wenn die Beobachtungen nicht unmittelbar nach einander angestellt werden, einen gleichen Zustand des Auges und der Luft voraus, und wenn man sich gefärbter Gläser bedient, möchte auch wohl ein etwas ungleichfarbiges Licht zweier Sterne nicht ganz gleich durchgelassen werden. Das von Lampadius vorgeschlagene Photometer giebt zwar Abstufungen des Lichts an, jedoch nicht eigentlich in verhältniſsmäſsigen Gradationen. Es besteht aus

---

1 Poggend. Ann. XVI. 328.

Digitized by Google

Hornſcheiben, deren mehrere hinter einander geſtellt werden, bis der leuchtende Gegenſtand unſichtbar wird, und ſtatt der Hornſcheiben kann man ſich auch anderer ähnlicher Körper bedienen. Ginge nun in jeder Scheibe ein gleicher Antheil des noch übrigen Lichtes verloren, ſo könnte die ungleiche Anzahl der Scheiben in verſchiedenen Fällen als ein wirkliches Maſs des Lichtes dienen; aber bei der Ungleichheit der Hornſcheiben iſt einer ſolchen Rechnung nicht ſehr ſtreng zu trauen, und ſelbſt über den immer gleichmäſsigen Lichtverluſt bei dem Durchgange durch jede Hornſcheibe müſsten noch erſt genauere Verſuche angeſtellt werden, da es ziemlich ſicher iſt, daſs die ſpäter erreichten Scheiben nicht in eben dem Maſse, wie die erſten, das Licht ſchwächen. Lampadius fand bei ſeinen Verſuchen, daſs 80 Hornſcheiben ausreichten, die Sonne zu verdecken, daſs ungefähr 60 bis 65 Hornſcheiben das Licht des heitern Himmels, ſelbſt bei der heiterſten Luft, nicht mehr erkennen lieſsen, daſs eine Talglichtflamme 36 Scheiben, der in Sauerſtoffgas brennende Phosphor 98 Scheiben forderte, um unſichtbar zu werden[1]. Genauere Unterſuchungen, wie hier die wahre Lichtſtärke mit der Anzahl der Scheiben in Verbindung ſteht, ſcheinen nicht angeſtellt worden zu ſeyn.

Wie das von Leslie angegebene Photometer, welches eigentlich ein Differentialthermometer iſt und die Lichtſtärke nur mittelbar durch die erregte Wärme angiebt, eingerichtet iſt, giebt der Art. *Differentialthermometer* an. Ich bemerke daher hier nur, daſs nach Leslie's Verſuchen die Wirkung einer Lichtflamme auf dieſes Inſtrument den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional gefunden wurde. Hiernach berechnet er, da in 2 Zoll Entfernung die Wirkung einer Lichtflamme 6 Grade betrug, daſs dieſe in 4 Fuſs Entfernung nur $\frac{1}{96}$ Gr. betragen würde; aber in 4 Fuſs Entfernung iſt die ſcheinbare Gröſse der Lichtflamme der ſcheinbaren Gröſse der Sonne gleich, und da das nicht durch die Atmoſphäre geſchwächte Sonnenlicht das Photometer um 125 Gr. würde ſteigen machen, ſo iſt das Sonnenlicht 12000 mal ſo ſtark, als das Licht jener Wachskerze, d. h., ſagt Leslie, ein Theilchen der Sonne von kaum $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmeſſer würde ſo viel Licht

1 Lampadius Beiträge zur Atmoſphärologie. Freiberg 1817. S. 164. und Schweigg. Journ. XI. 361.

Digitized by Google

verbreiten, als 12000 Wachskerzen[1]. Wollaston's und Bouguer's Versuche geben das Sonnenlicht noch stärker an, indem 5500 Kerzenflammen in 1 Fuſs Entfernung dem Sonnenlichte gleich erleuchten sollen, eine Bestimmung, die aus der Gleichheit der Schatten hergeleitet ist[2]. Böckmann rühmt die groſse Empfindlichkeit dieses Leslie'schen Photometers, konnte aber bei mehrern Instrumenten keine vollkommene Uebereinstimmung erhalten[3].

Ritchie hat dieses Photometer wesentlich vervollkommnet. Er drückt den Grundsatz, auf dem es beruht, so aus, daſs gleiche Volumina Luft durch gleiche Lichtmengen, die durch die Absorption an schwarzen Flächen Wärme hervorbringen, gleich stark ausgedehnt werden. Statt der Kugeln auf dem Differentialthermometer Leslie's bringt er zwei niedrige, aber weite Cylinder von Zinnblech an (von wenigstens 2 Zoll Durchmesser und 0,25 Zoll Höhe, aber lieber von 10 bis 12 Zoll Durchmesser und etwa 1 Zoll Höhe), die an der hintern Seite durch eine kreisförmige zinnerne Bodenplatte geschlossen sind, an der vordern Seite aber durch ein sehr dünnes und gleichförmiges, vollkommen durchsichtiges Glas das Licht einlassen. In der Mitte des Cylinders ist eine Kreisscheibe von geschwärztem Papiere den Lichtstrahlen, die durch das Glas einfallen, ausgesetzt. Die beiden Cylinder sind so an einander befestigt, daſs die Glasflächen nach entgegengesetzten Richtungen gekehrt sind, und stehn, während sie sonst überall vollkommen luftdicht sind, mit einer gekrümmten Glasröhre so wie die Kugeln des Leslie'schen Differentialthermometers in Verbindung. Die Röhre, deren beide an die Cylinder sich anschlieſsende Enden erweitert sind[4], enthalten etwas gefärbte Schwefelsäure, und es ist offenbar, daſs diese von der Seite mehr weggetrieben wird, wo die Erwärmung der Luft in den Cylindern die Expansivkraft der Luft verstärkt. Um zu prüfen, ob beide Cylinder in Hin-

1 Leslie's kurze Nachricht von Vers. und Instr., die sich auf das Verhalten der Luft zur Wärme beziehn. Uebers. von Brandes. Leipz. 1823. S. 66.

2 Poggend. XVI. 330.

3 G. X. 369.

4 Dieses nur deswegen, damit die vielleicht einmal sehr nach dem einen Ende getriebene Flüssigkeit nicht sogleich in den Zinncylinder eintrete.

sicht auf die Durchlassung des Lichts durch das Glas und auf die Erwärmung durch das schwarze Papier ganz gleich sind, stellt man das Instrument zwischen zwei Lichtern auf und verschiebt es zwischen den Lichtern, bis die Flüssigkeit genau die Stellung einnimmt, die sie vor dem Versuche einnahm; dieses ist die Stellung, wo beide Lichter *gleiche* Wirkung hervorbringen. Man dreht nun das Instrument um, ohne es dem einen oder dem andern Lichte zu nähern, und da sonach die Einwirkung der Lichter auf beide Cylinder vertauscht ist, so sind diese einander gleich, wenn auch jetzt noch die Flüssigkeit in eben dem Stande verharrt.

Die Anwendung des Instruments ist verschieden von der von Leslie angegebenen. Es wird nämlich nicht blos die eine Seite dem zu prüfenden Lichte ausgesetzt, sondern auch der andern Seite ein als Maſs dienendes Licht gegenübergestellt. Man sucht dann die Entfernung des zweiten Lichtes, bei welcher die Flüssigkeit die Stellung behält, die sie vor dem Versuche hatte oder die bei gleicher Erwärmung an beiden Seiten statt fand. Daſs so, wenn man immer dieselbe Lichtflamme, in verschiedener Entfernung aufgestellt, als Vergleichungsmittel anwendet, Grade der Einwirkung, also Grade des Lichtes, bestimmt werden, läſst sich leicht einsehn.

Das Instrument ist bei zureichender Gröſse so empfindlich, daſs eine 30 Fuſs entfernt der einen Glasscheibe gegenüber aufgestellte Lichtflamme es schon zum Steigen bringt. Bringt man vier Lichtflammen in der einfachen und eine Lichtflamme in der halben Entfernung den entgegengesetzten Glasscheiben gegenüber an, so bleibt die Stellung der Flüssigkeit ungeändert. Stellt man zwei Gasflammen, die bekannte Gasmengen in gleichen Zeiten verzehren, den beiden Cylindern so gegenüber, daſs die Einwirkung von beiden Seiten gleich ist, so findet man, daſs die verzehrten Gasmengen den Quadraten der Abstände proportional sind. Wendet man die beiden Glasscheiben nach entgegengesetzten Puncten des Himmels, so ergiebt sich der Unterschied des von diesen Gegenden der Atmosphäre reflectirten Lichtes. Daſs man jede andre von der einen Seite her einwirkende Erwärmung sorgfältig vermeiden müsse, versteht sich von selbst. Damit aber nicht seitwärts stehende Gegenstände, die nicht auf die Glasscheibe Lichtstrahlen oder Wärmestrahlen senden, sondern bloſs auf die Seiten des Zinncylinders oder auf den undurchsich-

Digitized by Google

tigen Boden, nachtheilig erwärmend einwirken, sind die Zinnplatten vollkommen polirt und werfen daher fast alle seitwärts zudringende Wärme zurück[1]. *B.*

Photometrie.

Photometria; Photométrie; *Photometry.* Die Lehre von der Abmessung des Lichtes.

Einzelne Versuche, Vergleichungen über die Stärke des Lichtes zu erhalten, sind schon in ziemlich früher Zeit angestellt worden, indem z. B. Huyghens das Licht des Sirius mit dem Lichte der Sonne zu vergleichen suchte und Auzout die Erleuchtung durch die Sonne, wie sie auf andern Planeten statt finde, darstellte. Huyghens bediente sich zu jener Vergleichung eines Rohres, dessen kleine, mit einem mikroskopischen Glaskügelchen versehene Oeffnung nur den 27664sten Theil der Sonnenscheibe zeigte; da die Sonne dann dem Sirius gleich erschien, so gründete er auf diesen Versuch Schlüsse über die Entfernung des Sirius. Auzout wandte seine groſsen Objectivgläser dazu an, weiſse Flächen ungleich stark zu erleuchten, und indem er diese Erleuchtung derjenigen gleich machte, die der Entfernung des Mercurius oder des Saturn von der Sonne entsprechen müſste, suchte er die Erleuchtung dieser Planeten durch die Sonne nachzubilden. Celsius ist wohl der erste, der unter dem Namen *Luciméter* ein freilich sehr unvollkommenes Mittel, die Erleuchtung zu messen, angab. Er hatte nämlich feine Kreise aufgezeichnet und bestimmte die Entfernung des Auges, in welcher diese bei ungleicher Stellung des erleuchtenden Lichtes noch deutlich gesehn wurden[2]. Dieses Photometer giebt zwar einige merkwürdige Vergleichungen zwischen Erleuchtung und der zum deutlichen Erkennen nöthigen Stellung des Auges, es ist aber keineswegs für ein eigentliches Photometer anzusehn. Eben das gilt von Nicod's Photometer, das genau auf eben der Anordnung beruht[3].

Bouguer hat zuerst die Photometrie recht eigentlich wissenschaftlich zu behandeln angefangen. Mairan's Bemerkun-

---

1 Phil. Trans. 1825. p. 141.

2 Hist. de l'Acad. de Paris 1735. p. 7.

3 Annales de Chim. et Phys. III. 102.

Digitized by Google

gen über das Verhältniſs der Stärke des Sonnenlichtes am längsten und kürzesten Tage veranlaſsten ihn, diesen Gegenstand vorzunehmen, und er stellte seine Untersuchungen zuerst in einem kleinen Werke[1] und nachher in einer gröſsern Vollständigkeit in seinem *Traité d'optique sur la gradation de la lumière* dar, welches Werk erst 1760 nach des Verfassers Tode von Lacaille herausgegeben wurde. Um eben die Zeit erschien Lambert's *photometria, sive de mensura luminis, colorum et umbrae* (Augustae Vindel. 1760), ein Buch, das die Photometrie sehr vollständig und mit der vollkommensten mathematischen Schärfe und Eleganz abhandelt.

Dieses Buch enthält systematisch fast alle wichtige Gegenstände, die in der Photometrie betrachtet werden müssen. Lambert redet nämlich zuerst von der Erleuchtung durch geradlinig fortgehende Lichtstrahlen und lehrt, wie man sich von den Hauptsätzen überzeugen kann, daſs die Erleuchtung sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung und wie der Sinus des Einfallswinkels gegen die erleuchtete Ebene verhält, ferner daſs die Erleuchtungskraft und die Erleuchtung selbst nach Verhältniſs des Sinus des Emanationswinkels abnimmt[2]. Diese Principien werden dann auf einzelne Fälle, wo die Erleuchtung durch Körper oder Flächen von bestimmter Figur bewirkt wird, angewandt. Die zweite Abtheilung handelt von dem durch transparente Körper durchgelassenen Lichte und Lambert sucht hier zu bestimmen, wieviel Licht an der ersten Oberfläche, wieviel an der zweiten Oberfläche durch Zurückwerfung verloren geht und wieviel endlich durch die unvollkommene Undurchsichtigkeit des Glases aufgehalten wird[3]. Die Anwendung auf das durch Linsengläser durchgehende Licht und auf die Erleuchtung, welche jenseit derselben durch ein in bestimmter Entfernung aufgestelltes Licht hervorgebracht wird, schlieſst sich hieran an. Der dritte Theil handelt von der Zurückwerfung von undurchsichtigen Körpern, vorzüglich von Spiegeln. Die Quantität des hier zurückgeworfenen Lichtes wird durch Vergleichung der hervorgebrachten Erleuchtung bestimmt und auch für Körper, die keine Spiegel sind, wird die Menge des

1 Essai d'optique. Paris 1729.

2 S. Art. *Erleuchtung* Bd. III. S. 1146.

3 S. die Art. *Durchsichtigkeit* und *Zurückwerfung des Lichtes.*

wirklich zurückgeworfenen Lichtes mit der Lichtmenge, welche die Fläche erhält, verglichen und dadurch die Weiſse (*albedo*) der Fläche bestimmt[1]. Der vierte Theil beschäftigt sich mit dem Eindrucke auf das Auge oder mit dem scheinbaren Glanze. Hier wird die Erleuchtung bestimmt, welche das im Auge dargestellte Bild des Gegenstandes erhält. Wenn man von dem Verluste an Licht, den die unvollkommene Durchsichtigkeit der Feuchtigkeiten im Auge und den die Zurückwerfung an den Oberflächen hervorbringt, absieht, so ist jene Erleuchtung theils dem absoluten Glanze des Gegenstandes, theils der Gröſse der Oeffnung der Pupille proportional. Hierauf gründet sich der Satz, daſs die *gesehene Hellheit*, die scheinbare Intensität des Lichtes, nicht von dem Abstande des leuchtenden Körpers abhängt[2]. Der fünfte Theil handelt von der Schwächung des Lichts in der Atmosphäre, von dem Grade der Erleuchtung, den die Atmosphäre selbst hierdurch erlangt, oder der Helligkeit, mit welcher sie selbst wieder die Erde erleuchtet; endlich von der Erleuchtung, die uns durch die Dämmerung zu Theil wird[3]. Der sechste Theil ist einer Anwendung auf die Erleuchtung des Mondes durch die Sonne und der Venus durch die Sonne gewidmet. Es wird sodann die Erleuchtung, welche die Erde vom Monde empfängt, mit der, welche sie von der Sonne erhält, verglichen[4] und die Zeit des gröſsten Glanzes der Venus bestimmt[5]; endlich wird gezeigt, wie Beobachtungen eines Planeten, der einem Fixsterne gleich erscheint, zu Vergleichungen des Glanzes der Fixsterne mit dem der Sonne führen. Der siebente Theil ist der Vergleichung des von farbigen Körpern ausgehenden Lichtes gewidmet, und endlich wird noch kurz von der Erleuchtung gehandelt, die durch den Glanz des Himmels in denjenigen Gegenden einer Fläche statt findet, welche in Beziehung auf die Sonne beschattet sind.

Diese Inhalts-Anzeige giebt ungefähr eine vollständige Uebersicht aller hierher gehörigen Lehren. Mehrere derselben

---

1 S. Art. *Erleuchtung* Bd. III. S. 1566. und Art. *Zurückwerfung des Lichtes*.

2 S. Art. *Licht* Bd. VI. S. 284.

3 S. Art. *Dämmerung* Bd. II. S. 277.

4 S. Art. *Erleuchtung* Bd. III. S. 1161.

5 S. Art. *Venus*.

Digitized by Google

sind auch von Bouguer sehr vollständig erklärt und durch Versuche theils begründet, theils erläutert worden, namentlich die Lehre von der Zurückwerfung des Lichtes, welche an undurchsichtigen und durchsichtigen Körpern, an spiegelnden und nicht spiegelnden Oberflächen statt findet u. s. w.

In neuerer Zeit sind die Versuche über manche der erwähnten Gegenstände wiederholt und vervollständigt worden. Namentlich hat Rumford Versuche über die Erleuchtung durch unsere gewöhnlichen Lichtflammen angestellt und ihre Lichtstärke mit dem Verbrauche des Brennmaterials in Vergleichung gestellt. Rumford und Herschel haben über den Lichtverlust bei der Zurückwerfung des Lichtes von Metallspiegeln und beim Durchgange durch Glaslinsen Versuche angestellt; aus diesen Versuchen und aus der Berechnung des im Bilde des Spiegelteleskopes vereinigten Lichtes hat Herschel die Lichtstärke seiner Teleskope berechnet. Der jüngere Herschel hat über den Lichtverlust beim Durchgange durch farbige Gläser Versuche angestellt[1]. Und so hat man auf ähnliche Weise mehrere Zweige der Photometrie bereichert. Eine eigene photometrische Untersuchung macht die Polarisirung des Lichtes[2] nöthig, indem polarisirtes Licht weder bei der Zurückwerfung noch beim Durchgange eben den Gesetzen folgt, die Lambert und Bouguer entwickelt haben.

Lehrbücher, welche die Photometrie allein behandeln, sind neuerlich wohl nicht erschienen, sondern sie wird als Theil der Optik vorgetragen; Karsten hat ihr indeſs den ganzen 8ten Theil seines Lehrbegriffes allein gewidmet. *B.*

Photosphäre.

Unter diesem Namen kündigte Pastorff eine schwach sichtbare Erscheinung an, die in guten Achromaten als das Bild der Planeten umgebend gesehn werde. Nach seiner Meinung ist dieses eine wirkliche Lichtkugel, welche die Planeten, namentlich die Venus, den Jupiter und den Saturn umgiebt. Als Beweis, daſs diese die Planeten umgebende Erscheinung ein

---

1 G. XLV. 341. XLVI. 225. Herschel vom Lichte S. 244. der deutschen Uebers.

2 S. Art. *Polarisirung.*

wirklicher Gegenstand sey, führt Pastorff die Erfahrung an, daſs sehr feine teleskopische Sterne beim Eintritte in diese Lichtsphäre sich dem Auge entziehn; aber er bedachte dabei nicht, daſs jedes, wenn gleich matte, Licht, bloſs darum, weil es unser Auge trifft, dasselbe minder fähig macht, kleine Gegenstände zu sehn, und daſs dieser Beweis daher nur die Existenz eines Lichtschimmers, nicht aber die Existenz einer die Venus und andre Planeten umgebenden Materie beweise[1].

Es leidet wohl keinen Zweifel, daſs diese Photosphäre nichts anders ist, als eine optische Täuschung. Kunowsky fand nicht bloſs den Jupiter und Saturn, sondern auch Sirius, Rigel und Capella von einer solchen Photosphäre umgeben, und bei allen diesen Weltkörpern erschien sie von 50″ Halbmesser in Zeit, wenn ein und dasselbe Fernrohr angewandt wurde. Daſs diese Beobachtung der Meinung, man beobachte hier einen wirklichen Gegenstand, ganz entgegen sey, erhellt von selbst. Nach Kunowsky's Meinung entsteht dieser Lichtschimmer bei hellen Sternen daher, daſs etwas Licht von der innern Hohlfläche des biconvexen Objectivglases zurückgeworfen, dann von der Vorderfläche theilweise abermals zurückgeworfen wird und so in das Auge kommt. Ob diese Erklärung, die sehr viel für sich hat, vollkommen richtig sey, ist von einigen Beobachtern noch als unentschieden angesehn worden; aber folgende Beobachtung von Kunowsky widerlegt wohl die Objectivität der Erscheinung ganz vollkommen. Kunowsky beobachtete den Jupiter, indem dieser im Begriff war, hinter ein entferntes Dach zu treten, und er achtete nun darauf, wie hier die Photosphäre verschwinden werde; er überlegte nämlich richtig, daſs eine wirkliche Umgebung des Jupiter sich nach und nach hinter dem entfernten Gegenstande verbergen müsse, wogegen ein im Fernrohre erzeugter Glanz so lange sichtbar bleiben muſste, als das Licht des Jupiter auf das Objectiv fiel, aber auch nicht länger. Das Letztere geschah. Die Photosphäre zeigte sich deutlich *vor* dem dunkeln Gegenstande, so lange Jupiter noch Strahlen auf das Objectiv sandte, und sie war ganz verschwunden, als das Licht des Planeten nicht mehr das Objectiv erreichte; die auf den hellen Himmel projicirte Seite verschwand schon, als Jupiter nur erst zum Theil

---

1 Astron. Jahrb. 1823. S. 157. 248. 1825. S. 235.

verdeckt war, während die auf dem dunkeln Grunde schöner sichtbare Hälfte (die *vor dem Hause* sichtbare Hälfte) erst verschwand, als Jupiter sich verbarg[1]. Man sieht diese Photosphäre nur in Fernröhren, deren Objective so vollkommen polirt und so frei von allem auf der Oberfläche des Glases zerstreuten Lichte sind, daſs gar keine durch zerstreutes Licht hervorgebrachte Erhellung des Sehfeldes statt findet.

Der jüngere Herschel beschreibt ähnliche Erscheinungen, die sich bei 300 bis 400maliger Vergröſserung bei Fixsternen zeigen. Da nämlich erscheint der Fixstern rund wie ein Planet und mit zwei oder drei abwechselnd hellen und dunkeln Ringen umgeben, die an den Rändern etwas gefärbt erscheinen. Herschel erklärt diese Erscheinungen aus Interferenzen. Im wahren Brennpuncte kommen die Lichtstrahlen alle in gleichem Zustande an, aber seitwärts vom Brennpuncte treffen Strahlen von der einen Seite des Objectivs so mit Strahlen von der andern Seite des Objectivs zusammen, daſs sie in einer gewissen Entfernung eine gegenseitige Zerstörung des Lichteindruckes, in einer doppelten Entfernung eine Verstärkung desselben bewirken, so wie es die Erfahrungen von den Interferenzen[2] auch in andern Fällen ergeben. Wie sich diese Licht-Erscheinung ändert, wenn man ein Diaphragma mit runder oder mit dreieckiger oder anderer Oeffnung anbringt, hat Herschel umständlich beschrieben[3]. *B.*

Physik.

Naturlehre, Naturkunde, Naturwissenschaft, Naturphilosophie; ***Physica, physice, philosophia naturalis;*** **Physique;** ***Natural Philosophy.***

Unter Physik (*Θεωρία φυσική* oder schlechtweg *φυσική*) oder Naturlehre, welcher deutsche Ausdruck mit jenem gleichbedeutend, aber noch genauer bezeichnend ist, versteht man die Lehre von der Natur oder den Unterricht über dieselbe, und zur

---

1 Astr. Jahrb. 1825. S. 222. 1826. S. 203.

2 S. Art. *Interferenz* Bd. V. S. 770 ff.

3 Herschel vom Licht. §. 766—778.

Bestimmung dessen, was durch diese Ausdrücke bezeichnet werden soll, darf daher bloſs die Bedeutung des Wortes *Natur* näher angegeben werden. Dieser letztere Ausdruck bezeichnet aber den Inbegriff der gesammten Auſsenwelt, und zwar nicht bloſs das sinnlich Wahrnehmbare, das Materielle, Körperliche, sondern auch diejenigen Ursachen der mannigfaltigen Veränderungen, die man Kräfte zu nennen pflegt, und diesem Ganzen steht dann das Geistige oder die Geisterwelt entgegen.

Auf den ersten Blick scheint es nicht schwierig, diese beiden Gebiete der Wissenschaften als wesentlich von einander verschieden zu trennen, allein die Geschichte hat gezeigt, daſs dieses nicht allezeit geschah und daher so leicht nicht seyn kann. In den früheren Zeiten faſste man nämlich den ganzen Inbegriff alles Wissens unter dem gemeinschaftlichen Namen Philosophie zusammen, wobei jedoch die Physik von der Metaphysik durch die aristotelische Schule getrennt wurde. Erst seit Cartesius gewöhnte man sich, das geistige Leben vom Körperlichen und Materiellen streng zu sondern, bis in den neuesten Zeiten Schelling und die Anhänger der Naturphilosophie (nach der später von einigen philosophischen Schulen in Deutschland festgesetzten Bedeutung dieses Wortes) alle Gegenstände des menschlichen Wissens wieder zu vereinigen suchten[1]. Es ist jedoch in mehrfacher Hinsicht von gröſster Wichtigkeit, die Naturlehre durchaus auf die Grenzen einer Erfahrungswissenschaft zu beschränken, alles davon auszuschlieſsen, was auſser denselben liegt, insbesondere aber die Naturforschung nicht bis in das Gebiet des Glaubens, namentlich des religiösen, auszudehnen. Das Wesen des Naturstudiums, zugleich aber die zahlreichen Anwendungen, welche man von den erhaltenen Resultaten zu machen veranlaſst wird, bringen es mit sich, daſs hierbei eine durchaus freie Forschung stattfinden muſs; nichts darf für ausgemacht gelten, was eines strengen Beweises ermangelt, insbesondere in allen denjenigen Theilen, die eine mathematische Behandlung erfordern; es muſs ferner erlaubt seyn, jeden noch so lange bestandenen Satz anzugreifen, sobald ein solcher Angriff durch gehörige Gründe unterstützt werden kann, denn nur auf diesem Wege ist es möglich, zur ausgemachten Wahrheit zu gelangen. Bei Gegenständen des Glaubens dagegen, ins-

1 J. F. Fries Lehrbuch der Naturlehre. Jena 1826. S. 3.

Digitized by Google

besondere des religiösen, sofern das Object desselben ein übersinnliches ist, darf eine solche auf Anschauung gestützte absolute, jeden Zweifel beseitigende, Gewiſsheit gar nicht erwartet werden, und wollte man sich bestreben, sie wirklich zu erhalten, so würde man Gefahr laufen, allzuviel zu verlieren, was für den Menschen von gröſster Wichtigkeit ist. Die Naturforschung geht von äuſsern Dingen aus, der religiöse Glaube vom Innern, vom Wesen des Menschen selbst, bei jener kann das Object vom untersuchenden Subjecte völlig getrennt betrachtet werden, bei der religiösen Ueberzeugung wird dieses niemals der Fall seyn, der letzteren muſs es daher erlaubt seyn, aus der ersteren so viel zu entnehmen, als ihr beliebt, aber es darf nicht umgekehrt jener gestattet werden, sich bei ihren Untersuchungen und Folgerungen in das Gebiet von dieser zu verirren.

Die Kenntniſs des menschlichen Geistes und seiner Thätigkeits-Aeuſserungen bildet auf gewisse Weise ein Mittelglied zwischen beiden, bei welchem die Erfahrung gleichfalls die Grundlage ausmacht und daher eine freie Forschung stattfinden muſs; allein diese führt allezeit zu dem Resultate, daſs über das Wesen des Geistigen im Menschen keine gewisse Ueberzeugung zu erwarten steht, woraus dann abermals die Folgerung hervorgeht, daſs bei der Untersuchung der Natur die des Geistigen ganz ausgeschlossen werden muſs, um nicht Gewisses und Ungewisses mit einander zu vermengen. Dagegen gehört ohne Ausnahme alles, was die Sinnenwelt mittelbar oder unmittelbar darbietet, die Materie im Ganzen und jeder einzelne Körper, jede Veränderung der Auſsendinge nebst deren Ursachen, kurz alles was sinnlich wahrnehmbar ist, in das Gebiet der Naturforschung, und man darf keinen dieser Gegenstände als seiner Unbedeutsamkeit wegen nicht dazu gehörig ausschlieſsen, obgleich zwischen dem Wichtigen und Unwichtigen, dem Gewöhnlichen und dem Seltenen, dem allgemein und dem nur wenig Bekannten ein bedeutender Unterschied stattfindet.

Aus dem Gesagten folgt bei dem auf den ersten Blick sich zeigenden unermeſslichen Reichthume und der unfaſsbaren Fülle der Natur, daſs die Wissenschaft, welche über alles dieses uns belehren und Auskunft geben soll, von einem auſserordentlichen Umfange seyn muſs. Bei näherer Betrachtung ergiebt sich auſserdem bald, daſs weder der schärfste Verstand, noch auch der beharrlichste und angestrengteste Fleiſs, oder selbst beide mit ein-

Digitized by Google

ander verbunden, den einzelnen Menschen in den Stand zu setzen vermögen, mit allen diesen Gegenständen genauer bekannt zu werden. Obgleich daher die Naturforschung eigentlich ein ungetrenntes Ganzes ausmachen sollte und anfänglich bei der vorhandenen geringeren Menge von bekannten Thatsachen wirklich ausmachte, so muſste doch später wegen übermäſsiger Fülle ein Zerfallen in einzelne Theile stattfinden, die sich bald zu sehr bedeutenden wissenschaftlichen Disciplinen gestalteten. Wenn man daher die zur Naturforschung im Allgemeinen oder zur Naturlehre im weiteren Sinne des Wortes gehörigen Zweige aufzählt, so gibt es deren eine groſse Menge, die von den Schriftstellern verschieden geordnet werden, mir aber scheint folgende Zusammenstellung die Uebersicht des Ganzen zu erleichtern.

Obgleich jede Wissenschaft auf gewisse Weise eine philosophische Behandlung zuläſst, d. h. eine solche, wodurch zugleich der genaue Zusammenhang des Einzelnen und die nothwendige Verbindung nach Ursachen und Folgen nachgewiesen wird, so findet dieses doch bei einigen ungleich mehr statt, als bei andern, und obgleich umgekehrt alle Wissenschaften von etwas Gegebenem, die meisten von dem historisch Erforschten, ausgehen, so sind doch einige fast ausschlieſslich auf erlernte Thatsachen beschränkt, statt daſs andere, mit einfachen Prämissen sich begnügend, sofort ein weites Feld für zahllose freie Combinationen gewinnen. Aus diesem Gesichtspuncte die Sache betrachtet, und ohne eine absolut scharfe Sonderung zu beabsichtigen, lassen sich die sämmtlichen zur Naturlehre im weiteren Sinne gehörigen Disciplinen nach der bei ihnen vorzugsweise erforderlichen Art der Behandlung in zwei groſse Classen abtheilen, nämlich die *philosophischen* und die *historischen*. Die unter die erste von diesen Abtheilungen gehörigen haben mit einander gemein, daſs man bei ihnen von einer im Ganzen geringen, mehr oder minder groſsen Menge von Thatsachen ausgeht, um aus diesen diejenigen allgemeinen Gesetze aufzufinden, welche einzeln oder wieder auf ein einziges Hauptgesetz zurückgeführt die Grundlage des Ganzen ausmachen. Hierunter gehören also die *Physik* oder die *Naturlehre* im engeren Sinne des Wortes, die *Physiologie*, die *Chemie* und die *physische Astronomie*. Bei den zur zweiten Classe gehörigen Wissenschaften besteht der bei weitem gröſste und wesentlichste Theil

Digitized by Google

aus einer groſsen Menge von Thatsachen, welche einzeln erlernt und zur leichteren Uebersicht geordnet werden müssen, worunter demnach zuerst die *Naturgeschichte*, dann die *physische Geographie* und die *sphärische Astronomie* zu rechnen sind.

Betrachten wir diese einzeln, um die gewählte Eintheilung zu rechtfertigen, so besteht das eigentliche Object der Physik in der Aufgabe, diejenigen Kräfte aufzufinden, von denen die Entstehung, die Fortdauer und die steten Veränderungen der gesammten Sinnenwelt abhängen. Es zeigt sich jedoch bald, daſs der *Ursprung* aller Dinge ganz auſser den Grenzen der Erfahrung liegt und die Erforschung der Natur erst dann anfangen kann, wenn das zu untersuchende Object, also die Natur selbst, gegeben ist, woraus dann unmittelbar folgt, daſs alle Bemühungen, den Ursprung der Welt und der hierbei wirkenden Ursachen zu erforschen, nicht zur Physik gehören, sondern zu einer andern Wissenschaft, welche man *Metaphysik* genannt hat. Allerdings könnte man sagen und hat es auch oft ausgesprochen, daſs sich aus der erkannten Beschaffenheit der gegebenen Dinge die Art ihrer Entstehung müsse ableiten lassen, allein hierzu wäre schon als vorläufige Bedingung erforderlich, das Weltall in seinem ganzen Umfange zu übersehn und in allen seinen einzelnen Theilen genau zu kennen, was dem menschlichen Verstande ganz unmöglich ist, weswegen auch alle Versuche dieser Art von den ältesten Zeiten an bis auf die neuesten herab sich in träumerische Phantasieen aufgelöst haben. Für die Physik, deren Wesen darin besteht, aus gegebenen Thatsachen allgemeine Gesetze zu entwickeln und diese wieder auf vorkommende Erscheinungen anzuwenden, steht ohnehin der Satz vom zureichenden Grunde unumstöſslich fest, sie würde sich selbst zerstören und um ihre ganze Existenz bringen, wenn sie hiervon abweichen wollte, und sonach muſs in ihr das Axiom, *ex nihilo nil fit*, auch nothwendig angenommen werden, ohne daſs sie zu einem metaphysischen Beweise desselben oder zur Beantwortung der Frage, ob dasselbe auch auſserhalb ihres Gebiets noch allgemein gültig sey, verpflichtet werden kann. Auf gleiche Weise findet sie nach der ihr eigenthümlichen mathematischen Argumentationsweise einen innern Widerspruch in der Annahme, daſs etwas Bestehendes wieder verschwinden solle, weil zwischen dem Uebergange des Etwas

Digitized by Google

zum Nichts sich ein unendlicher Abstand befindet, mithin liegt die Bestimmung über den in endliche oder unendliche Ferne zu setzenden Untergang des Bestehenden, überhaupt das Urtheil über den Uebergang des Gegebenen zum Nichts ganz auſser dem Gebiete ihrer Forschungen.

Diesemnach beschränkt sich die Physik im engern Sinne bloſs auf die Untersuchung des Bestehenden in der Natur nebst den darin vorgehenden Veränderungen, deren Ursachen aufzusuchen, auf allgemeine Gesetze zurückzubringen und den nothwendigen Zusammenhang zwischen jenen und diesen nachzuweisen sie als das ihr eigenthümlich angewiesene Gebiet betrachtet. Man kann dieses kurz ausdrücken, wenn man sagt, die eigentliche Aufgabe der Physik sey, die Ursachen der Dinge zu erkennen (*causas rerum cognoscere*) oder vielmehr die Gesetze, welche den Erscheinungen in der Natur und deren ohne Unterbrechung einander folgenden Veränderungen zum Grunde liegen, zu erforschen. In dieser Beziehung ist ihr dann nichts absolut klein oder groſs, nichts ohne Verhältniſs wichtig oder unwichtig, vielmehr muſs sie alles ohne Ausnahme zu erklären suchen, wobei das, was auf den ersten Blick geringfügig scheint, oft die gröſsten Schwierigkeiten darbietet und zu den wichtigsten Resultaten führt. Es besteht nämlich ein innerer und nothwendiger Zusammenhang in der ganzen Natur, was einmal als Gesetz erkannt ist, muſs allgemein Anwendung finden und würde durch jede damit unvereinbare oder ihm widersprechende Thatsache entweder modificirt oder gänzlich umgestoſsen werden. Weil ferner die Physik die erste und allgemeinste unter allen naturwissenschaftlichen Disciplinen ist, so gehört jede neu entdeckte und zuerst beobachtete Erscheinung ursprünglich ihr an, sie muſs dieselbe prüfen und unter diejenige Abtheilung verweisen, welcher sie demnächst zufällt. Diese Allgemeinheit macht zwar das Studium derselben weitläuftig und schwierig, giebt ihm aber zugleich einen eigenthümlichen Reiz und eine vorzügliche Bedeutsamkeit.

Der Physik am nächsten steht die *Physiologie*, die man auch Physik der organischen Körper nennen könnte. Auch diese Wissenschaft ist auf Erfahrungen gegründet, erfordert Beobachtungen und Versuche, strebt nach genauester Kenntniſs derjenigen Apparate (*Organe*), welche die Erscheinungen bedingen, und sucht die allgemeinen Gesetze zu erforschen,

Digitized by Google

worunter diese letztern sich bringen laſsen; der Unterschied beider beruht nur darauf, daſs die Physik der ihr zunächst verwandten Physiologie alle diejenigen Erscheinungen als einen groſsen speciellen Zweig überlassen hat, welche durch das Leben bedingt werden, wodurch sie selbst auf die leblosen oder als solche betrachteten Gegenstände beschränkt ist, die Physiologie dagegen sich nur mit belebten beschäftigt. Die letztere zerfällt dann wieder in zwei groſse Abtheilungen nach den beiden Classen belebter Wesen, nämlich der Thiere und der Pflanzen, welche man bei der Schwierigkeit einer scharfen Grenzbestimmung zwischen beiden kaum gänzlich von einander zu trennen vermag, obgleich die Pflanzenphysiologie meistens mit der Botanik verbunden zu werden pflegt. Die normale Thätigkeit der Organe setzt ferner den Zustand der Gesundheit voraus, Krankheiten dagegen sind allezeit mit einem abnormen Zustande derselben verbunden oder vielmehr eine nothwendige Folge hiervon, weswegen man auch die gesammte *Nosologie* und somit auch die *Therapie* als verwandte Zweige der Physiologie betrachten könnte. Unmittelbar nach dem Tode tritt eine Zersetzung der Körper in ihre einfachen Bestandtheile ein, deren Untersuchung in das Gebiet der Chemie gehört.

Wenn man unter *Chemie* diejenige Wissenschaft versteht, welcher obliegt, die einfachen Bestandtheile der Körper und das quantitative Verhältniſs aufzusuchen, nach welchem dieselben wirklich verbunden sind oder sich verbinden laſsen, so würde sie ihren philosophischen Charakter verlieren und zu einer bloſsen Erfahrungswissenschaft übergehn. Allein wenn sie sich auch früher in diesem Gewande zeigte, so hat sie doch neuerdings eine andere Gestalt angenommen, seitdem ihre eigentliche und wesentlichste Aufgabe darin besteht, die allgemeinen Gesetze aufzufinden, wonach die verschiedensten und mannigfaltigsten Verbindungen statt finden, oder seitdem die *Stöchiometrie* bei weitem den wesentlichsten Theil derselben ausmacht. Allerdings beruhn die zahllosen Verbindungen, ja selbst die gesammten Operationen, wodurch diese erkannt oder hervorgebracht werden, auf allgemeinen Naturgesetzen, deren Erforschung in das Gebiet der Physik gehört, allein sofern die letztern ausschlieſslich nur zur Auffindung der einfachen Bestandtheile der Körper und der allgemeinen Gesetze, wonach diese sich verbinden, benutzt werden, hauptsächlich aber we-

Digitized by Google

gen der zahllosen Erfahrungen, welche hierfür unentbehrlich sind, hat sich die Chemie als ein besonderer Zweig zu einer selbstständigen und zugleich weitläuftigen Wissenschaft gestaltet, welche jedoch allezeit mit dem Ganzen innig verbunden bleiben wird. Eben dieses ſindet statt bei der *physischen Astronomie*. Diese untersucht die allgemeinen Gesetze, welche den Kreislauf der Gestirne und die unwandelbare hierbei statt findende Ordnung bedingen, kommt sehr bald auf Bewegungen in bestimmten Bahnen und auf das einfache Naturgesetz der Anziehung zurück, wonach sie sich also unmöglich weit von der Physik entfernen kann, allein wegen der groſsen Menge unentbehrlicher Beobachtungen, welche zur sphärischen, theorischen und allgemein zur praktischen Astronomie gehören, hat auch sie sich in Verbindung mit diesen letztern als selbstständige Wissenschaft abgesondert.

Ungleich weiter getrennt sind diejenigen wissenschaftlichen Disciplinen, welche zur zweiten Classe der mehr historischen gehören. Hierunter ist zunächst die *Naturgeschichte* zu rechnen, deren Name zugleich ihren Charakter bezeichnet. Sie zerfällt nach den zu untersuchenden Gegenständen in die *Zoologie*, *Botanik* und *Mineralogie*, welche hier keine nähere Erörterung bedürfen, ja es darf auch als bekannt vorausgesetzt werden, daſs die Zoologie nach den verschiedenen Thierclassen in Unterabtheilungen zerfällt, daſs in der Botanik die Untersuchung der Kryptogamen einen besondern Zweig bildet und daſs die Mineralogie zwei Haupttheile, die *Oryktognosie* und *Geognosie*, ausmacht. Die letztere hängt durch die *Petrefactologie* oder die Kenntniſs der versteinerten Ueberreste organischer Körper aus frühern Zeiten mit der Botanik und Zoologie innig zusammen und entfernt sich in der *Geologie* oder der Untersuchung über den Ursprung der Erde nur wenig von der eigentlichen Physik, indem sie die bei der Entstehung und allmäligen Umbildung der Erde thätigen Naturkräfte in Anspruch nimmt, so daſs der geschehenen Trennung ungeachtet der Zusammenhang aller Theile zu einem groſsartigen Ganzen allezeit wieder sichtbar hervortritt. Die *physische Geographie* wird sogleich etwas näher betrachtet werden, der *sphärischen Astronomie* ist bereits ihre Stelle angewiesen, wonach sie in Verbindung mit den übrigen astronomischen Disciplinen zur Sternkunde im Ganzen gehört, und überhaupt ist es überflüſsig, über

diese einzelnen Zweige hier ausführlich zu reden, da ihr Zusammenhang mit der Physik sich leicht herausstellt und über die am nächsten hiermit verbundenen in besondern Artikeln das Nöthige bereits gesagt worden ist.

Man kann die eigentliche Naturlehre oder die Physik im engern Sinne in zwei eigenthümlich bezeichnete Haupttheile zerlegen, wie ich zuerst gethan zu haben glaube und gern rechtfertigen möchte, nämlich in *reine* und *angewandte* Physik. Die reine Physik sucht aus den Erscheinungen die gesammten allgemeinen und besondern physikalischen Gesetze aufzufinden, die angewandte dagegen aus den bereits aufgefundenen Gesetzen die Erscheinungen der Natur im Groſsen zu erklären; jene bedarf der Beobachtungen und Versuche, um die in der Natur wirksamen Kräfte kennen zu lernen, diese dagegen sucht die bereits erkannten auf vorkommende Phänomene anzuwenden. Hierunter gehören demnach die *Astronomie*, als Anwendung der Gesetze der allgemeinen Schwere und der Trägheit zur Construction der Bewegungen der Himmelskörper, die *physische Geographie*, als Nachweisung der Beschaffenheit und der steten Veränderungen, welche unsere Erde und insbesondere deren Oberfläche in Folge stets thätiger Naturkräfte zeigen, und die *Meteorologie*, deren Aufgabe darin besteht, die im Luftkreise vorkommenden zahlreichen Phänomene zu erklären.

Es ist bereits[1] gezeigt worden, daſs die Naturlehre eine Erfahrungswissenschaft sey, das heiſst eine solche, die, des philosophischen Gewandes ungeachtet, bloſs auf Erfahrungen und den hieraus entnommenen Schlüssen beruht. Hierüber ist man allgemein einverstanden; auch wird von Niemanden bestritten, daſs man durch *Beobachtungen* und *Versuche* zu jenen gelangt, wobei es mir unnöthig scheint, hier nochmals zu wiederholen, daſs beide letztere sehr oft mit einander verbunden, zur Erreichung des vorgesetzten Zweckes auf gleiche Weise ganz unentbehrlich sind, aber zugleich nach den darüber festgesetzten Regeln angestellt und benutzt werden müssen, wenn sie als wissenschaftliche Grundlage brauchbar seyn sollen. Wenn man dieses alles wohl berücksichtigt und zugleich die groſsen Schwierigkeiten nicht unbeachtet läſst, welche namentlich mit der Anstellung genauer und in jeder Hinsicht genügender Versuche

1 Vergl. Art *Beobachtung* Bd. I. S. 884.

verbunden sind, so muſs man bald zur Ueberzeugung von dem auſserordentlich hohen Werthe gelangen, welcher den völlig bewährten Versuchen und Beobachtungen als fester Grundlage der gesammten Naturlehre gebührt. Es ist jedoch in den neuern Zeiten, namentlich den deutschen Physikern, mitunter der Vorwurf gemacht worden, daſs sie der Erfahrung einen zu hohen Werth beigelegt hätten und dadurch zu einer möglichst geist- und gedankenlosen Empirie geführt worden seyen [1]. Allein diejenigen, welche etwas dieser Art zu äuſsern vermögen, haben sicher nie selbst auch nur einen einzigen Versuch angestellt, welcher als schulgerecht zur Begründung einer sichern Erfahrung dienen könnte, sonst würden sie ohne Zweifel zu der Ueberzeugung gelangt seyn, daſs die hierzu erforderliche eigenthümliche Verfahrungsweise mit Geist- und Gedankenlosigkeit ganz unvereinbar ist, indem jeder Mensch weit leichter, mit viel geringerer Anstrengung und fast im Zustande des Träumens ein halbes Dutzend neuer Theorieen erdenken oder Möglichkeiten ahnen, als nur einmal die Art und Weise genau durchdenken kann, auf welche ein den Forderungen genügender neuer Versuch angestellt werden soll, der Schwierigkeiten bei der wirklichen Ausführung und demnächstigen Anwendung gar nicht zu gedenken.

Die in der Physik als feste Grundlage dienenden Erfahrungen haben nur dann Gültigkeit, wenn sie hinlänglich begründet sind. In der Naturlehre bedarf es hierbei derjenigen Prüfungsmittel nicht, welche die Logik aufsucht, um über den Werth der Zeugnisse zu entscheiden, denn die in ihr vorkommenden Thatsachen erhalten meistens ihr Gewicht von selbst durch ihren nothwendigen Zusammenhang mit dem, was bereits als ausgemacht anerkannt und an sich unumstöſslich ist, die gemachten Erfahrungen erhalten dagegen ihre Begründung durch eine genaue Beschreibung der Beobachtungen und Versuche, worauf sie sich stützen, indem keine als gültig betrachtet wird, welche nicht unter den angegebenen Umständen und Bedingungen auf gleiche Weise wieder erfolgt. Eine einzelne isolirte Beobachtung, mag sie unmittelbar oder mittelst eines Versuchs gemacht worden seyn, hat daher so lange keinen vollständigen

---

1 Schelling über Faraday's neueste Entdeckung. München 1832. S. 31.

oder vielmehr gar keinen Werth, als ihr die nöthige Bestätigung durch die Analogie mit ähnlichen Erscheinungen oder durch Wiederholung abgeht. Aus eben diesem Grunde findet die frühere Geheimniſskrämerei, überhaupt die Wichtigkeit vermeintlicher groſser, aber geheim gehaltener, Entdeckungen gegenwärtig gar nicht mehr statt, eine nicht genau beschriebene oder deutlich vorgelegte Erfindung bleibt unbeachtet. Inzwischen reicht eine einzige, obgleich unbezweifelte, Erfahrung niemals hin, um irgend ein Naturgesetz zu begründen, wohl aber um dessen Allgemeinheit umzustoſsen; oft sind deren mehrere übereinstimmende für jenes nicht genügend und lassen daher das Resultat hypothetisch. Bei dem Streben der Naturforscher nach absoluter Gewiſsheit sollte man hiernach es für rathsam halten, gar kein Gesetz aufzustellen, bis die Summe der Erfahrungen hinreichte, ein solches fest zu begründen, allein diese Forderung streitet gegen die Natur des Menschen, indem eben der gebildete forschende Verstand einzelne Thatsachen isolirt aufzufassen sich sträubt, sie dagegen sofort mit andern in ursächliche Verbindung setzt und hierin so weit geht, daſs er oft statt der wahrgenommenen reinen Thatsache meistens deren Ursache, seltener die Folge als solche ausspricht. So sagt man nicht, ich bemerke einen beschleunigten Pulsschlag und schlieſse auf anwesendes Fieber, ich sehe die Erdoberfläche benetzt und leite dieses vom gefallenen Regen her, ich finde es drückend warm und erkenne dieses als Zeichen eines bevorstehenden Gewitters u. s. w., sondern vielmehr ich beobachte, daſs der Patient Fieber hat, ich sehe, daſs es geregnet hat, ich empfinde ein bevorstehendes Gewitter. Dieses, was im gemeinen Leben so oft vorkommt, ist dem Menschen natürlich und überrascht ihn auch selbst bei seinen wissenschaftlichen Forschungen, wenn er ihm nicht in wesentlichen Dingen vorsichtig zu begegnen sucht. Man darf jedoch diese Anlage keineswegs verdammen, denn sie ist es eben, die durch das Streben nach der Auffindung des ursächlichen Zusammenhangs vor einer gedankenlosen Empirie bewahrt.

Des absolut Gewissen giebt es nur weniges und das meiste im Gebiete der menschlichen Erkenntniſs ist hypothetisch. Ohne hier auf die Untersuchung über den Werth der *Hypothesen* im Allgemeinen einzugehn, folgt schon von selbst, daſs sie auch in der Naturforschung bei mangelnder absoluter Gewiſsheit

Digitized by Google

vom gröſsten Nutzen sind, nur darf man nicht zu kühn in der Aufſtellung derselben seyn und ihnen keinen höhern Werth beilegen, als der ihnen wirklich zukommt. Sie sind allezeit um so viel besser, je genauer sie mit anderweitigen ausgemachten Thatsachen übereinstimmen und je mehr Erfahrungen sie zu einem gemeinsamen Ganzen vereinigen, wodurch sie sich der absoluten Gewiſsheit stets mehr und mehr nähern. Manche Gelehrte haben eine überwiegende Fertigkeit, aus wenigen Thatsachen sofort die richtige Hypothese aufzufinden, andere bedürfen dazu längere Zeit und mehrere Erfahrungen. Das erstere zeigte sich unter andern namentlich bei A. Volta in der Erklärung des Elektrophors und des Galvanismus.

Die durch Beobachtungen und Versuche erhaltenen Erfahrungen führen zu dem Resultate, daſs unter gegebenen Bedingungen gewisse Erscheinungen allezeit auf gleiche Weise erfolgen, und begründen somit einen ursächlichen Zusammenhang zwischen beiden, welcher als nothwendig erkannt und mit dem Namen eines *Naturgesetzes* bezeichnet wird. Werden unter einem solchen nur wenige übereinstimmende Thatsachen begriffen, so heiſst es ein beschränktes, im entgegengesetzten Falle ein mehr oder minder allgemeines. Aber auch mehrere solche Naturgesetze lassen sich vereinigen und bilden dann ein höheres; ja man hat sogar danach gestrebt, ein einziges höchstes aufzufinden, woraus alle andere abzuleiten wären; allein dieses, was bei den ältern Philosophen der *Stein der Weisen*, bei den neuesten das *höchste Princip alles Wissens* genannt wurde, wird schwerlich von irdischen Wesen jemals gefunden werden; auch ist es zuverlässig ein eitles Bemühen, von einem obersten Grundsatze herabsteigend Alles erklären zu wollen. Auf jeden Fall wäre hierzu namentlich im Gebiete der Physik erforderlich, die Natur im Ganzen und in ihren einzelnen Theilen vollständig zu kennen, was sicher unmöglich ist, da sie uns im Groſsen und im Kleinen als unendlich erscheint, und ich habe daher schon oft gesagt, daſs es mir sogar vorläufig noch nicht ausgemacht zu seyn scheint, ob der endliche Verstand schon hier das Ganze der Natur zu begreifen nicht etwa fähig, sondern selbst nur einmal bestimmt ist.

Man unterscheidet *theoretische* und *Experimental-Physik* als einander entgegengesetzt und bedient sich des Ausdrucks *mathematische Physik* ohne Gegensatz oder als der experi-

mentalen entgegenstehend. Daſs hierdurch ganz eigenthümliche verschiedene Arten bezeichnet würden, ist schon an sich nicht wahrscheinlich und auch keineswegs wirklich der Fall, vielmehr beziehn sich diese Bezeichnungen, ebenso wie die der *populären Physik* im Gegensatze der *streng wissenschaftlichen*, bloſs auf die vorherrschende Art der Behandlung. Hiernach bedürfen die letzten, auch bei sonstigen wissenschaftlichen Disciplinen gebräuchlichen, Ausdrücke keiner weitern Erörterung und auch die ersteren können ohne bedeutende Schwierigkeiten leicht näher bestimmt werden. Wollte man unter theoretischer Physik eine solche verstehn, welche der Experimente völlig entbehrt, so würde dieses im Widerspruche mit demjenigen stehn, was oben behauptet wurde, nämlich daſs diese Wissenschaft bloſs auf Erfahrungen und die hieraus abgeleiteten Schlüsse gebaut ist, die nur durch Beobachtungen und Versuche erhalten werden, indem zugleich beide letztere Arten gleichmäſsig ganz unentbehrlich sind, weil ein groſser Theil der nothwendigen Erfahrungen nur durch Versuche, ein anderer nicht minder wichtiger nur durch Beobachtungen erhalten wird. Eine von allen Experimenten getrennte Physik kann es also nicht geben, da es unmöglich ist, einen durch sich selbst bewiesenen höchsten Grundsatz aufzufinden, von welchem ausgehend man durch eine Reihe schulgerechter Schlüsse bis zu der gesammten Summe aller Erfahrungen als nothwendigen Folgerungen herabsteigen könnte, ja es ist dieses schon insofern für den menschlichen Verstand unmöglich, als derselbe von seiner frühesten Entwickelung an mit einer übergroſsen Menge von Erfahrungen bekannt wird, von denen er sich bei seinen spätern metaphysischen Operationen keineswegs loszusagen vermag. Aus eben diesen Gründen giebt es aber auch keine *theoretische* Physik im strengsten Sinne des Wortes und die Unterscheidung kann daher nur auf der eigenthümlichen Art der Bearbeitung beruhn, folglich in dieser Beziehung nicht wesentlich seyn. Die Physik als Wissenschaft bleibt allezeit die nämliche und stets sich selbst gleich, allein beim Vortrage derselben werden entweder die den Erfahrungen und den hieraus abgeleiteten Gesetzen zum Grunde liegenden Experimente theils wirklich angestellt, theils bloſs erzählt und im Wesentlichen angedeutet, oder man setzt dieselben als bekannt voraus und entwickelt durch Schluſsfolgerungen aus ihnen die einzelnen

Digitized by Google

und allgemeinen Geſetze. Hiernach würde jenes Verfahren alſo die experimentale, dieſes dagegen die theoretiſche Methode der Naturforſchung genannt werden. Daſs man übrigens überall keine Experimente anſtellen könne, ohne damit theoretiſche Betrachtungen über die aus ihnen mittelbar oder unmittelbar folgenden Naturgeſetze zu verbinden und ihren Zuſammenhang mit der Wiſſenſchaft im Ganzen zu berückſichtigen, dieſes iſt bereits genügend dargethan worden, und ſomit fällt alſo die Möglichkeit einer bloſs *empiriſchen* Experimentalphyſik von ſelbſt weg. Was endlich unter mathematiſcher Phyſik zu verſtehn ſey, wird ſogleich näher erörtert werden.

In den neuern Zeiten hat man ſich häufig des Ausdrucks *Naturphiloſophie* bedient, ohne daſs bis jetzt noch durch irgend jemand deutlich und beſtimmt nachgewieſen iſt, was hierunter eigentlich zu verſtehn ſey [1]. Die philoſophiſchen Syſteme der Alten bezogen ſich ausſchlieſslich oder vorzugsweiſe auf die Erklärung der Natur, ihrer Erſcheinungen und Geſetze, ohne daſs dieſes jedoch durch einen beſondern Ausdruck bezeichnet wurde. Vorzüglich ſtammt die Bezeichnung *Naturphiloſophie* (*philoſophia naturalis*) wohl von Newton her, wurde ſeitdem ein in vielen Schriften, hauptſächlich den in lateiniſcher Sprache geſchriebenen, häufig vorkommender Ausdruck und iſt im Engliſchen als *natural philoſophy* ausſchlieſslich beibehalten worden. In Deutſchland kennt man denſelben als vorzügliches Eigenthum der Schelling'ſchen Schule, deren Gründer jedoch ungleich mehr darunter begriff, als bis dahin geſchehn war, nämlich die ganze Summe alles aus einem einzigen höchſten Grundſatze abgeleiteten Wiſſens und Erkennens oder vielmehr die geiſtige Operation dieſes Ableitens ſelbſt. Da jedoch die Erfahrung vieler Jahre gegenwärtig zu der ſichern Ueberzeugung geführt hat, daſs die ächte Naturforſchung durch die Anhänger jener ſogenannten Naturphiloſophie eher zurückgehalten als gefördert worden iſt, wie ſich aus der nachfolgenden Ueberſicht der Geſchichte dieſer Wiſſenſchaft näher ergeben wird, ſo ſcheint es am zweckmäſsigſten, von

---

1 Dieſes iſt ſelbſt durch Link in ſeiner bekannten Schrift: Ueber Naturphiloſophie. Leipzig und Roſtock 1806. 8. nicht geſchehn. Dieſer im Allgemeinen ſtattfindende Mangel an Beſtimmtheit wurde ſchon früher in einer kritiſchen Zeitſchrift gerügt.

Digitized by Google

jenem Miſsbrauche zurückzukommen und die ursprüngliche Bedeutung des Wortes wieder herzustellen. Philosophie oder philosophische Behandlung irgend eines Zweiges der menschlichen Kenntnisse findet dem allgemeinen Sprachgebrauche nach nur dann statt, wenn die Einzelnheiten nach ihrem innern Zusammenhange hauptsächlich als Ursachen und Folgen verbunden und wissenschaftlich zusammengestellt werden. Hiernach kann also die Philosophie der Natur oder die Naturphilosophie nur darin bestehn, daſs man die durch Beobachtungen und Versuche erhaltenen Erfahrungen systematisch ordnet und zur wissenschaftlichen Begründung der Naturgesetze benutzt, wie dieses namentlich durch Newton geschehn ist; jedes andere, was man unter diesem Namen in die Wissenschaft unterzuschieben mehrmals versucht hat, kann nur als ein unächtes und nachtheiliges Product des irregeleiteten Verstandes betrachtet werden[1].

Kein Zweig irgend einer Wissenschaft steht ganz isolirt, alle sind mit andern verbunden, und wie der sie behandelnde menschliche Verstand als Einheit zu betrachten ist, so lieſsen sich auch jene insgesammt zu einem einzigen groſsen Ganzen vereinigen, wenn die Beschränktheit der menschlichen Anlagen erlaubte, sie sämmtlich zu umfassen. Dieser allgemeinen Verwandtschaft ungeachtet liegen jedoch dem einzeln behandelten Zweige einige näher, andere entfernter, und man unterscheidet daher Haupt- und Hülfs-Wissenschaften. Auch auf die Naturlehre läſst sich hiervon eine Anwendung machen, und dieses um so mehr, je sichtbarer ihr Einfluſs auf die verschiedensten Gegenstände des menschlichen Wissens sich herausstellt. Ein systematisches und im strengen Sinne vollständiges Studium derselben würde erfordern, zuerst mit dem historischen Theile vertraut zu werden, und dann zur Bearbeitung des philosophischen überzugehn; auch muſs derjenige, welcher die Physik im engern Sinne zum Hauptfache gewählt hat, mit den sämmtlichen Theilen der Naturkunde im Allgemeinen wenigstens in einigem Grade vertraut seyn, eine nähere Prüfung ergiebt je-

---

1 Es versteht sich von selbst, daſs dieses Urtheil nur in soweit gilt, als die Naturphilosophie mit Physik oder mit Naturforschung identisch seyn oder dieser mindestens angehören soll. Was für einen Werth die Naturphilosophie übrigens habe, darüber erlaubt sich der Physiker, als solcher, kein Urtheil.

Digitized by Google

doch bald, daſs *Logik*, *Mathematik*, *Chemie* und *Physiologie* für das Studium der Physik im engern Sinne als zunächst liegende und wichtigste Hülfswissenschaften genannt zu werden verdienen. Am leichtesten läſst sich übersehn, daſs der Verstand, welcher Thatsachen auffassen, ihre Gültigkeit prüfen, über ihre verhältniſsmäſsige Wichtigkeit entscheiden, ihre Uebereinstimmung beurtheilen und sie zur Begründung allgemeiner, mit einander verbundener und sich gegenseitig unterstützender Gesetze benutzen soll, durch eine schulgerechte *Logik* gebildet seyn muſs. Es ist jedoch nicht unbedingt nothwendig, mit dieser letztern Wissenschaft im Voraus theoretisch bekannt zu seyn, um demnächst für die genannten Operationen befähigt zu werden, vielmehr gewährt eine gründliche Anleitung zum Studium der Naturlehre selbst die Fähigkeit, nicht bloſs über Gegenstände der Naturforschung, sondern auch bei allen andern Untersuchungen ein scharfes und richtiges Urtheil zu fällen. Einige, wenn gleich noch nicht gehörig umfassende und tiefe, Bekanntschaft mit der Natur und ihren Gesetzen hat sich in der letztern Zeit ziemlich allgemein verbreitet und auf ihr beruht hauptsächlich die Gewandtheit im Urtheilen, welche wir bei solchen Geschäftsmännern antreffen, die nicht in die historischen Disciplinen der eigentlich so genannten Schulgelehrsamkeit eingeweiht sind.

Das Verhältniſs der *Mathematik* zur Naturforschung verdient vorzüglich gewürdigt und namentlich zur richtigen Beurtheilung des gegenwärtigen Zustandes der Physik gehörig berücksichtigt zu werden[1]. Zuvörderst ist man darüber allgemein einverstanden, daſs die für die Naturlehre unentbehrlichen Beobachtungen und Versuche schon insofern, als meistens Messungen und Gröſsenbestimmungen dazu erfordert werden, ohne Geometrie nicht statt finden können, und eben so wenig läſst sich in Abrede stellen, daſs die Benutzung der erhaltenen Resultate zur Begründung allgemeiner und scharf bestimmter Gesetze der mathematischen Methode nothwendig bedürfe, denn das Wesen der Mathematik beruht eben auf der Schärfe und Allgemeinheit der aus gegebenen Prämissen abgeleiteten Schluſsfolgerungen. Wollte man dieses aber so weit ausdehnen, als ob es eine eigenthümliche *mathematische Physik* gäbe, insofern

1 Vergl. Biot Traité de phys. T. I. préface.

die Mathematik an sich geeignet sey, die Naturgesetze aufzufinden, so läge hierin eine falsche und in ihrer Anwendung höchst nachtheilige Ansicht; die Mathematik (Gröſsenlehre) als solche kann die Gesetze der Natur nicht erforschen, denn diese werden bloſs durch Beobachtungen und Versuche gefunden, welche zuvor gegeben seyn müssen, ehe die Mathematik die dabei vorkommenden Gröſsen zu messen und allgemeine Bestimmungen hierüber festzusetzen beginnt. Die Richtigkeit dieser Ansicht läſst sich durch ein anderes Beispiel erläutern. So gewiſs es höchst vortheilhaft ist, bei der Aufsuchung und Anordnung der zur bürgerlichen Geschichte gehörigen Thatsachen mit philosophischem Geiste zu verfahren, eben so zweckwidrig würde es seyn, wenn man vor der Ergründung der selbst erfahrenen oder durch Ueberlieferung erhaltenen Begebenheiten sogleich im Beginnen mit dem Philosophiren anfangen und sich dadurch von dem eigentlichen Gebiete der Geschichte, selbst der Wortbedeutung nach, entfernen wollte. Die Mathematik besteht zuerst als wissenschaftliche Form, ist rein, insofern sie sich von allen beschränkenden Bedingungen lossagt, um ihre Prämissen selbst aufzustellen und aus diesen die nothwendig folgenden Schlüsse nach der ihr eigenthümlichen Methode und mit Benutzung hierzu absichtlich gewählter Benennungen und Zeichen in höchster Allgemeinheit und Schärfe abzuleiten; ihre absolute Gewiſsheit beruht dabei auf der dem menschlichen Verstande als nothwendig sich aufdringenden Uebereinstimmung der Voraussetzungen und der daraus abgeleiteten Folgerungen. In der Physik sind die durch Beobachtungen und Versuche erhaltenen Bestimmungen entweder an sich Gröſsen, oder werden als solche betrachtet, man substituirt sie an die Stelle der in der Mathematik willkürlich angenommenen Bedingungen und gelangt somit auf dem nämlichen Wege zu den gesuchten Schlüssen, welche dann als mehr oder minder allgemeine Gesetze vollständige Gültigkeit haben. Hierbei tritt aber sofort ein sehr wesentlicher Unterschied hervor, welcher darin besteht, daſs die in der reinen Mathematik frei und ohne Beschränkung gewählten Prämissen absolut scharf bestimmt sind und im Voraus als unzweifelhaft gewiſs betrachtet werden, welche beide Bedingungen den aus der Natur entnommenen in der Wirklichkeit abgehn. So construirt der Geometer die Bahn eines Lichtstrahls, welcher durch Glas von überall gleicher und genau gegebener

Digitized by Google

Brechungskraft bei scharf bestimmter Krümmung der Oberflächen geht, mit absoluter Schärfe, in der Wirklichkeit ist es aber oft unmöglich, durchaus homogenes Glas zu verfertigen, und eine im strengsten Sinne mathematisch genaue Form der Oberfläche kann auch die geübteste Hand des erfahrensten Künstlers nicht darstellen, weswegen die wirklich ausgeführten optischen Gläser allezeit hinter den theoretisch bestimmten rücksichtlich der gesuchten Schärfe zurückbleiben und dasjenige nicht leisten, was die Berechnung angiebt. Insbesondere wird übrigens das Bedürfniſs der Mathematik für den Physiker fühlbar, wenn man berücksichtigt, daſs die Resultate der Beobachtungen und Versuche unmöglich im Gedächtnisse festgehalten, noch weniger aber so kurz ausgedrückt und zu einem Ganzen vereinigt werden könnten, wenn dieses nicht durch die hierzu so vorzüglich geeigneten Zeichen und Ausdrücke der Mathematik möglich gemacht würde.

Indem die Art und Weise, wie man sich der Mathematik zur Auffindung der physikalischen Gesetze bedient, bereits erörtert worden ist[1], so übergehe ich dieses und erlaube mir nur, über das gegenwärtig bestehende Verhältniſs beider Wissenschaften gegen einander einige Worte hinzuzufügen. Offenbar fehlte es der Physik an der erforderlichen Schärfe und Bestimmtheit, so lange man in ihr die mathematische Methode anzuwenden versäumte, bis Cartesius und noch mehr Newton zeigten, wie viel sich hierdurch ausrichten lasse. Seit ihrer Zeit hat man den Werth der Mathematik sehr hoch angeschlagen, und es läſst sich wohl nicht verkennen, daſs dieses neuerdings namentlich durch die Franzosen in zu übertriebenem Grade geschehn ist und bis zur Stunde von vielen Deutschen noch geschieht, zum Theil um dem Vorwurfe zu entgehn, als suchten sie ihre Unkenntniſs dieser Wissenschaft durch Herabsetzung derselben zu entschuldigen. Wenn man es jedoch redlich mit der Förderung der Naturforschung meint und den gegenwärtigen Zustand der Physik eben so genau als vollständig überblickt, so läſst sich keinen Augenblick verkennen, daſs wir für jetzt weit mehr der Beobachtungen und Versuche, als des Calcüls und der geometrischen Formeln bedürfen, wovon die Ursache hauptsächlich darin liegt, daſs man weit leichter am

---

1 S. Art. *Beobachtung* Bd. I. S. 890.

Digitized by Google

Schreibtische rechnen, als mit kunstreich zusammengesetzten und in der Behandlung schwierigen Apparaten experimentiren kann. Unleugbar hat die Chemie in den neuesten Zeiten so unglaubliche Erweiterungen erhalten, weil sie mit wenigen Apparaten und auf einen kleinen Raum beschränkt so viele Experimente gestattet, da der Physiker hingegen zuvor einen groſsen Aufwand von Mühe und meistens von nicht geringen Kosten zu machen gezwungen ist, bis er die erforderlichen Apparate ersonnen und construirt hat, deren er zu seinen Versuchen bedarf und die noch obendrein oft zu nichts anderem, als dem zunächst vorliegenden einseitigen Zwecke, zu verwenden sind. Daſs die Mathematik dann nicht bloſs von unglaublichem Nutzen, sondern zugleich auch ganz unentbehrlich sey, wenn die Erfahrungen bereits in genügender Anzahl und von der erforderlichen Gewiſsheit vorhanden sind, unterliegt keinem Zweifel, im entgegengesetzten Falle aber kann sie durch ihre, dann nur scheinbar wichtige, wirklich vorhandene oder nur scheinbare absolute Evidenz sogar nachtheilig wirken. Daſs Cartesius und Newton durch die Anwendung der Mathematik die Wissenschaft so ausnehmend förderten, läſst sich leicht begreifen, wenn man berücksichtigt, daſs sie es zunächst mit den Gesetzen der Bewegung zu thun hatten, wozu es der Erfahrungen nur wenige bedarf, der Letztere aber legte seinen optischen Theorieen eine Reihe der mühsamsten, genauesten, bis jetzt noch nicht übertroffenen Versuche zum Grunde, auch dürfen wir dreist annehmen, daſs der Heros unter den Neuern, der unsterbliche La Place, in der Physik so viel nicht würde geleistet haben, wenn er nicht durch Lavoisier in der Kunst des Experimentirens geübt und mit der groſsen Wichtigkeit der Versuche vertraut gemacht worden wäre. Begnügt man sich daher mit wenigen und nicht einmal hinlänglich begründeten Erfahrungen, so wird auch der gelehrteste Calcül von keinem Nutzen seyn; sind jene dagegen im strengsten Sinne genügend, so kann selbst durch den einfachsten oft ausnehmend viel gewonnen werden. Beweise hierfür lassen sich in genügender Menge und von hinlänglichem Gewichte leicht beibringen. Unter andern werden die mathematischen Untersuchungen von Huyghens und Malus über die doppelte Brechung des Lichtes ihren bedeutenden Werth nie verlieren, des groſsen Gewinnes nicht zu gedenken, welchen die Wissenschaft dem Calcül bei

der Lösung des Problems der Ebbe und Fluth und über die Gestalt der Erde verdankt, dagegen haben die eben so ausführlichen als schwierigen Berechnungen von Euler und Lagrange die Lehre vom Schalle nicht gefördert, welche durch Chladni's sinnreiche Experimente zuerst eine feste Grundlage erhalten hat, Fourier's groſses und tiefgelehrtes Werk über die Wärme kann seinen hohen Ruhm in der mathematischen Literatur nicht verlieren, aber kein Physiker hat bisher eine erwünschte Aufklärung über das Wesen und das Verhalten jener wichtigen Potenz dadurch gewonnen, Aepinus hat die Elektricitätslehre theoretisch trefflich behandelt, aber die Versuche von Volta, Oersted und Faraday haben den Gegenstand selbst bedeutend gefördert, Tob. Mayer's Formeln über die mit der Höhe und nach den Polen hin abnehmende Wärme verdienen allerdings Achtung, aber es bedurfte erst der zahlreichen Beobachtungen eines Al. von Humboldt, um hierüber die unentbehrliche Aufklärung zu erhalten. Fragen wir endlich nach Beweisen des aufgestellten Satzes, nämlich daſs wir gegenwärtig zur Förderung der Physik als Wissenschaft weit mehr der Versuche als des Calcüls bedürfen, so sind diese nicht weit zu suchen. Noch ist der Unterschied des Verhaltens der strahlenden und der fortgeleiteten Wärme nicht genügend erforscht, die bereits vorhandenen zahlreichen Untersuchungen über die Wärmeleitung der verschiedenen Körper bedürfen noch einer bedeutenden Erweiterung, die Pyrometrie ist noch in ihrer Kindheit, die Verschiedenheit in den Wirkungen der Thermo-, Hydro- und Reibungs-Elektricität erfordert noch eine Menge neuer Untersuchungen, der tellurische Magnetismus erfreut sich zwar einer übergroſsen, täglich wachsenden Menge von Beobachtungen, aber noch ist das Ganze zur definitiven Entscheidung nicht hinlänglich gereift, wir kennen den mittlern Barometerstand und die täglichen Schwankungen des Barometers von sehr vielen Orten, aber die neuerdings hinzugekommenen Erfahrungen beurkunden sattsam, daſs die Acten zur genügenden Erklärung dieses Phänomens noch keineswegs vollständig sind, wieviel aber endlich im weitläuftigen Gebiete der Meteorologie noch zu thun sey, dieses einzeln darzuthun würde zu so weitläuftigen Erörterungen führen, daſs ich es lieber den Physikern selbst überlasse, diesen ihnen wohlbekannten Gegenstand auch ohne weitere Nachweisung zu beurtheilen.

Digitized by Google

Kaum dürfte es nöthig scheinen, zum Beſchluſs dieser ausführlichen Betrachtung noch folgendes hinzuzufügen. Sind die zur Begründung eines mehr oder minder allgemeinen Naturgesetzes erforderlichen, hinlänglich zahlreichen und sichern Erfahrungen vorhanden, so kann man das Gesetz selbst zwar in Worten ausdrücken, leichter, mit mehr Bestimmtheit und ungleich kürzer ist es aber, wenn man mit Hülfe der Geometrie einen analytischen Ausdruck dafür sucht, oder diejenige Linie zur Bezeichnung wählt, welche gleichsam ein Bild jener Formel ist. Zur Erläuterung dieses Satzes möge unter zahllosen andern nur das einfache Gesetz des freien Falles der Körper dienen. Dieses heiſst in wörtlicher Bezeichnung: die durchlaufenen Räume verhalten sich wie die Quadrate der Zeiten multiplicirt mit einer beständigen Gröſse. Ungleich kürzer und bestimmter sagt der Geometer $S = t^2 g$, wenn S den Raum, t die Zeit und g die Fallhöhe in einem Zeittheile bezeichnen, und weist dann zugleich nach, daſs dieser analytische Ausdruck durch die apollonische Parabel sinnlich dargestellt wird. Hierbei darf jedoch nicht unberücksichtigt bleiben, daſs bei der Anstellung von Beobachtungen und Versuchen sowohl Messungen als auch Gröſsen- und Verhältniſs-Bestimmungen ganz unentbehrlich sind, man also die Mathematik bei diesen eben so wenig, als bei der Aufstellung der allgemeinen Gesetze entbehren kann. Auf welche Weise übrigens Experimente anzustellen sind, um den Forderungen zu genügen, die man gegenwärtig nach dem Zustande der Wissenschaft zu machen berechtigt ist, dieses läſst sich am besten aus wirklichen Beispielen entnehmen und können in dieser Hinsicht die Versuche von Lavoisier und La Place zur Bestimmung der Ausdehnung verschiedener Körper durch Wärme, von Dülong und Petit zur Auffindung der Volumensänderung des Quecksilbers bei verschiedenen Temperaturen, von Coulomb über das Verhalten der Drehwaage, von Kater über die absolute Gröſse der englischen Maſse und Gewichte, von Bessel zur Ausmittelung der Länge des einfachen Secundenpendels, von Fraunhofer über die Inflexion des Lichtes und mehrere andere als vorzügliche Muster dienen.

Zur Anstellung hauptsächlich der Versuche, aber auch der Beobachtungen, bedarf man eine Menge zum Theil sehr zusammengesetzter und kostbarer Werkzeuge, die man mit dem gemeinschaftlichen Namen der *Apparate* bezeichnet, meistens

Digitized by Google

systematisch ordnet und zusammengenommen zugleich mit den zu ihrer Aufstellung dienenden Zimmern ein *physikalisches Cabinet* nennt. Sammlungen dieser Art sind, wie die Bibliotheken, reicher oder dürftiger, vollständiger oder unvollständiger; eine absolute Vollständigkeit derselben ist schwer bestimmbar und kann in der Wirklichkeit wohl überall kaum erreicht werden. Die reichsten und schönsten sind gegenwärtig wegen ihrer Kostbarkeit das Eigenthum und zugleich eine Zierde der Universitäten und öffentlichen Lehranstalten, wie z. B. der École polytechnique und der Universität zu Paris, der Universität zu Edinburg, des polytechnischen Instituts und der Universität zu Wien und der Universitäten zu München und zu Dorpat; kleinere und minder vollständige giebt es auſserdem in Menge, und diese dienen meistens ausschlieſslich zur Erläuterung der Vorträge über Experimentalphysik. Ein groſser Theil der ältern Apparate zeigt noch deutlich die Unvollkommenheit der Technik und mechanischen Fertigkeit jener Zeiten und die Mehrzahl derselben ist nach schwachen Analogieen benannt, anstatt daſs gegenwärtig der Name zugleich die Bestimmung auszudrücken pflegt oder vom Erfinder hergenommen ist, welches auch früher mitunter zu geschehn pflegte. Als Beispiele einer spielenden Benennung lassen sich anführen das Sieb der Vestalinnen, der künstliche Tantalus, der Oelkrug der Witwe von Zarpath u. s. w., die Sache selbst bezeichnend sind die Namen Thermometer, Barometer, Luftpumpe und viele andere, von den Erfindern entlehnt dagegen Guericke's Halbkugeln, der *tubus Volderianus*, Roberval's *problema staticum*, Volta's Säule u. s. w.; zuweilen endlich verbindet man den Namen des Erfinders mit dem bezeichnenden des Werkzeugs, z. B. Bramah's hydraulische und Real's hydrostatische Presse, Coulomb's elektrische Waage, Davy's aphlogistische Lampe, Marianini's Boussole, Mayer's Inflexioskop und viele andere. Gegenwärtig sucht man nicht sowohl die Menge der Apparate zu vermehren, als vielmehr ihre Güte und Brauchbarkeit zu erhöhn, indem man hauptsächlich danach strebt, die aus der Beschaffenheit der angewandten Substanzen und der Bewegung erwachsenden Hindernisse zu beseitigen oder zu vermindern, damit sie beim Gebrauche dasjenige genau messen und zeigen, was man zu beobachten wünscht. Insofern dieses aber nicht bloſs schwierig, sondern die Vermeidung aller Fehler

Digitized by Google

meistens ganz unmöglich ist, erfordern die Beobachtungen in der Regel Correctionen constanter oder wechselnder Fehler, die sich in einigen Fällen ziemlich genau bestimmen, in andern jedoch nur nach Wahrscheinlichkeit schätzen lassen. Eine ohne Autopsie kaum mögliche, wo nicht vollständige, doch mindestens das Wichtigste umfassende Kenntniſs der bereits erfundenen und vielfach verbesserten Apparate gehört zu den nicht eben leichten Obliegenheiten des Physikers und wird keineswegs sehr allgemein angetroffen, weswegen auch so oft die bereits vorhandenen und von den meisten vergessenen oder ihnen unbekannt gebliebenen abermals als neu erfunden zum Vorschein kommen. Zur Anstellung neuer Versuche müssen oft neue Apparate ersonnen oder die vorhandenen abgeändert werden, welche Aufgabe einen nicht leichten Theil der Kunst zu experimentiren ausmacht.

Das Verhältniſs der Physik zur *Chemie* ist oft in Untersuchung gezogen worden, hauptsächlich in Beziehung auf die Frage, welche von beiden beim Studium vorangeht oder folgt. Im Allgemeinen ist vorläufig wohl mit Sicherheit anzunehmen, daſs beide Zweige sehr nahe mit einander verwandt sind, nie gänzlich getrennt werden können, dagegen stets vereint bleiben und mit wechselseitiger Unterstützung durch einander bearbeitet werden müssen. Ungleich schwieriger dagegen ist es zu bestimmen, welche von beiden beim Studium vorangehn oder nachfolgen soll. Ohne Widerrede ist es für den Physiker bei seinen Forschungen unentbehrlich zu wissen, was in der Chemie über die eigentliche Beschaffenheit der Körper und der Theile, woraus diese zusammengesetzt sind, nebst den hierbei vorkommenden Veränderungen und überhaupt den in dieser Beziehung sich zeigenden Erscheinungen bereits aufgefunden worden ist, und in dieser Hinsicht könnte man allerdings schlieſsen, daſs diese Wissenschaft den Anfang bilden müsse. Eben so unleugbar ist es dagegen zugleich, daſs die vom Chemiker bei seinen zahlreichen Operationen anzuwendenden Mittel insgesammt aus den Naturkräften entlehnt sind, deren zur Physik gehörige Untersuchung daher schon vorher beendigt seyn müſste. Wie weit man auch diese Betrachtungen fortsetzt, so wird man doch schwerlich je ein aus dem Wesen beider Wissenschaften entnommenes entscheidendes Argument finden, welches der einen oder der andern das unbestreitbare Recht sicherte, beim

Digitized by Google

Studium voranzugehn, es sey denn, daſs man das von Biot[1] aufgestellte als gültig anerkennen wollte, wonach der Physik, als dem Allgemeineren, vor der Chemie, als dem Besondern, der Anfang gebührt.

Die *Physiologie*, die man füglich auch Physik der belebten Natur nennen dürfte, kann der auf das Unbelebte beschränkten Physik wohl keine bedeutende Hülfe leisten, wie groſs auch immer diejenige seyn mag, welche die letztere jener gewährt. Indem ich sie aber dennoch unter den Hülfswissenschaften aufgezählt habe, so berücksichtigte ich hierbei zunächst nur die Physiologie der Sinnenwerkzeuge, weil zwar allerdings die hierauf bezüglichen Gesetze schon vor dieser speciellen Anwendung durch anderweitige Mittel gehörig bestimmt seyn müssen, dennoch aber aus dem Baue und der kunstreichen Anordnung der Theile jener Organe manches zur nähern Begründung jener Gesetze entnommen werden kann. So hätte man aus der Umgebung des Gehörnerven durch Wasser schon von den hierüber angestellten Versuchen schlieſsen können, daſs die tropfbaren Flüssigkeiten allerdings den Schall leiten, und wirklich schlossen L. Euler und Klingenstierna aus dem Baue des Auges, daſs durch Vereinigung ungleich farbenbrechender Körper Achromatismus zu erreichen sey, was dann Veranlassung gab, achromatische Objective zu verfertigen. Im Ganzen ist übrigens die Frage zu unwichtig, als daſs sie Gegenstand weitläuftiger Verhandlungen werden sollte.

Nothwendigkeit und Nutzen der Naturforſchung.

Bei der allgemeinen Betrachtung einer Wissenschaft muſs zugleich von ihrem Nutzen die Rede seyn, weil sich hiernach der Aufwand von Zeit, Mühe und Kosten bestimmen läſst, welchen man derselben zuzutheilen berechtigt ist, und aus diesem Grunde wird diese Frage auch jederzeit in den Einleitungen zu den physikalischen Lehrbüchern erörtert. Es ist dabei durchaus nicht schwierig, sowohl den objectiven, als auch den subjectiven Nutzen der Naturlehre nachzuweisen, und ist man hierüber

1 Traité de Physique T. I. p. 8. C'est ainsi, que l'étude de la physique est utile à la chimie, à la médecine, à la physiologie, soit végétale, soit animale, et doit nécessairement les précéder.

Digitized by Google

so allgemein und vollkommen einverstanden, daſs in dieser Beziehung alle ausführliche Nachweisungen als überflüssig erscheinen müssen. Es läſst sich nämlich ohne sonderliche Mühe darthun; daſs unter den bestehenden menschlichen Verhältnissen ein stets fortschreitendes, unausgesetztes Studium der Natur nothwendig ist, denn die Zahl der Bewohner unsrer Erde vergröſsert sich täglich, und wenn man auch alle Gegenstände der Bequemlichkeit und des Luxus abrechnet, so vermag der Boden ohne alle Cultur nicht so viel hervorzubringen, als erfordert wird, sie insgesammt zu ernähren. Wollten die Menschen zum Unterhalte durch Fischerei, Jagd und Benutzung wildwachsender Pflanzen zurückkehren, so müſsten in bevölkerten Gegenden mindestens zwei Drittheile derselben durch Hunger umkommen, und auch durch das frühere Nomadenleben wäre diesem Uebel nicht abzuhelfen, wie die Erfahrung der gröſsern Völkerwanderungen sattsam beweist. Damit aber die Natur productiver werde, muſs man ihre Kräfte und die Gesetze, wonach diese sich wirksam zeigen, genau kennen, um hierauf gestützt die geeigneten Mittel zur Erreichung einer gröſsern Production in Anwendung zu bringen. Der Mensch will jedoch nicht bloſs genährt werden, sondern als feineres geistiges und denkendes Wesen geht er vielmehr über die bloſs thierischen Bedürfnisse hinaus und verlangt zugleich angenehm zu leben, er strebt nach höhern geistigen und irdischen Genüssen, nach Bequemlichkeiten und Vergnügungen, woraus unmittelbar das Bestreben nach dem Austausche der verschiedenen Natur- und Kunst-Producte hervorgeht und die Veranlassung zum Handel und zur Schifffahrt gegeben wird. Alles zusammengenommen beruhn hierauf die jetzt blühenden Künste des Friedens im Gegensatze der unter wilden Völkern nie aufhörenden Fehden und Kämpfe, wozu die ungeregelte Thatkraft, Mangel an Arbeit und die Begierde sie treibt, von andern mit Gewalt zu nehmen, was sie selbst durch Kunstfleiſs zu erwerben nicht vermögen. Auf der Kenntniſs und Benutzung der Naturkräfte und ihrer unwandelbaren Gesetze beruht aber die gesammte Mechanik, die Technologie, das Fabrikenwesen, der Bergbau nebst der Hüttenkunde und fast unmittelbar auch die höhere Agricultur, weswegen es überflüssig ist, im Einzelnen nachzuweisen, wieviel alle diese mit Einschluſs der Schifffahrt durch das erweiterte Studium der Natur gewonnen haben.

Digitized by Google

Da alles dieses aus zahllosen Thatsachen mit höchster Evidenz hervorgeht, so überhebe ich mich der Mühe, hierüber nur noch ein Wort zu sagen, und benutze vielmehr die Gelegenheit, einem andern, von Unkundigen oft ausgesprochenen Vorurtheile zu begegnen, daſs nämlich die gegenwärtig so hoch gesteigerte Industrie und namentlich das Maschinenwesen dem Wohlseyn einer groſsen Menge von Menschen, namentlich aus den niedern Ständen, hinderlich sey. Im Allgemeinen ist es für einen gegebenen Ort, eine Provinz oder ein Land nothwendige Bedingung, daſs so viel, als zum Unterhalte und zur Befriedigung der nothwendigsten Bedürfnisse seiner Bewohner erfordert wird, entweder durch den Boden erzeugt, oder durch gegenseitigen Austausch eingeführt werde, wobei sich von selbst versteht, daſs in Folge einmal eingeführter und durch sich selbst auf gewisse Weise begründeter Verhältnisse, deren Untersuchung hier zu fern liegt, in sehr bedeutenden Abstufungen einige Menschen mehr, andere weniger verwenden. Da in dieser Hinsicht seit undenklichen Zeiten nie eine vollkommene Gleichheit stattgefunden hat, so muſs diese Ungleichheit durch die Sache selbst nothwendig begründet seyn, wie sich erforderlichen Falls auch leicht nachweisen lieſse. Auf gleiche Weise findet man bei den Menschen im Ganzen oder mindestens bei weitem der Mehrzahl nach das Bestreben, durch den geringsten Aufwand die gröſste Menge von Bequemlichkeiten und Genüssen zu erhalten, womit jedoch einige zugleich eine weit gröſsere Anstrengung verbinden, als andere. Hieraus folgt aber nothwendig, daſs Maschinen construirt werden, wenn man durch diese den eben genannten Zweck besser erreicht; es läſst sich dieses, was aus dem Wesen der Sache und den natürlichen Anlagen der Menschen nothwendig folgt, weder ganz beseitigen, noch auch nur einmal beschränken, wenn man die unveräuſserliche Freiheit nicht ganz aufheben will, und somit werden die Forderungen, welche die Technik an die Naturwissenschaften um Aushülfe und Unterstützung macht, nie abnehmen, sondern stets sich vermehren. Auſserdem kann über die Zulassung der Maschinen im Allgemeinen kein Streit seyn, denn auch der Spinnrocken, der Pflug, die Sense und selbst der Spaten sind Maschinen, von denen, als den einfachsten, man zu den allerzusammengesetztesten aufsteigt, ohne daſs sich eine Grenze bestimmen läſst, bei welcher man aufhören müſste.

Digitized by Google

Ist hiernach die Nothwendigkeit der Naturforschung und namentlich der Physik erwiesen, wird es aus dem Gesagten klar, warum auf wissenschaftliche und Entdeckungsreisen, auf neue Erfindungen, auf die Unterhaltung gelehrter Gesellschaften, deren Streben hauptsächlich auf die Erweiterung der Naturwissenschaften gerichtet ist, so groſse Summen verwandt werden, weil man im Voraus nicht wissen kann, wohin neue Entdeckungen führen, wenn nur die in so hohem Grade nützliche Wissenschaft eine Erweiterung dadurch erhält, so scheint es zwar unnöthig, von ihrem objectiven Nutzen noch weiter zu reden, dennoch aber läſst sich in dieser Beziehung noch manches nicht Unbedeutende anführen. Namentlich heiſst es zwar oft, daſs die philologischen Disciplinen die höhere geistige Cultur über das westliche Europa verbreitet haben, und dieses ist auch allerdings richtig, wenn man zunächst auf den Anfang sieht, welcher mit den Sprachen der Alten beginnen muſste, weil man nur vermittelst dieser die von jenen überlieferten Kenntnisse sich aneignen konnte, allein bei näherer Betrachtung gewahrt man bald, daſs die Naturwissenschaften es eigentlich waren, welche Vorurtheil und Aberglauben verscheuchten und dem menschlichen Wissen ein eben so unmeſsbar groſses Feld eröffneten, als eine unwandelbar feste Grundlage sicherten. Nicht bloſs die überlegenen Verstandeskräfte eines Copernicus, Galilei, Keppler, Huyghens, Newton, La Place und anderer, sondern auch die Erfindungen der Buchdruckerkunst, der Uhren, der achromatischen Fernröhre, der Mikroskope, der Dampfmaschinen u. s. w. bezeichnen die Epochen der unhaltbar fortschreitenden Cultur, die den Aberglauben an Hexen, böse Geister und Wunderkräfte für immer verscheucht hat.

Mit diesen Untersuchungen steht eine Frage in unmittelbarer Verbindung, welche noch gegenwärtig keineswegs als gleichgültig betrachtet werden darf. Manche glauben nämlich, daſs die Naturforschung zum absoluten Materialismus und zum Zweifeln in Gegenständen der Religion und des Glaubens führe, ja in England war man deswegen am Ende des vorigen Jahrhunderts so ernstlich besorgt, daſs öffentlich auf eine Untersuchung dieses Gegenstandes angetragen wurde[1]. Auf den ersten Blick hat dieser Vorwurf allerdings einigen Schein für sich, der jedoch

1 A Confutation of Atheisme cet. By Dr. Vince. Lond. 1807.

Digitized by Google

bei näherer Prüfung gänzlich verschwindet. Der Naturforscher untersucht nämlich die Materie bis auf ihre verschwindend kleinen Theile und prüft deren Veränderungen und wechselseitigen Modificationen bis in ihre verborgensten Verzweigungen, er verfährt hierbei überall mit Anwendung von Maſs und Gewicht, darf dabei nichts als wahr annehmen, was nicht in der Erfahrung sattsam begründet ist, darf überall nicht meinen oder zu unbekannten Potenzen und Kräften seine Zuflucht nehmen, kurz er darf nur dasjenige glauben und für ausgemacht halten, was er selbst erfahren oder von glaubhaften Gewährsmännern als das Resultat ihrer Erfahrungen erhalten hat, und namentlich muſs der Physiker zwar kein blinder, aber allerdings ein vorsichtiger Skeptiker seyn, wenn er nicht Gefahr laufen will, auf Irrwegen nutzlos herumgeführt zu werden, weil die Geschichte lehrt, daſs kaum etwas erdacht werden kann, was nicht als Resultat glaubhaft versicherter Erfahrungen bereits bekannt gemacht worden ist. Muſs man gleich alles dieses zugestehn, so darf doch auf der andern Seite nicht unerwogen bleiben, daſs der Naturforscher seine Wissenschaft nur denjenigen Forderungen gemäſs behandelt, welche dieselbe unbedingt an ihn macht, ohne daſs er selbst in diese oder daſs diese in sein ganzes Wesen übergeht, also ohne sich dadurch der Freiheit und des Rechts zu begeben, in allen andern Dingen auf eine ganz abweichende Weise zu verfahren. Abgesehn hiervon, was an sich klar ist, läſst sich noch auſserdem ohne Mühe darthun, daſs ein den gerechten Forderungen genügendes Studium der Natur vielmehr von dem bezeichneten Materialismus und dem Unglauben in Gegenständen des moralischen und religiösen Glaubens zurückhält, und die deswegen besorgten Britten hatten wahrlich nicht überlegt, daſs ja Christus[1] selbst und seine Apostel[2] auf die Betrachtung der Naturwunder als das geeignetste Mittel verweisen, um über die wesentlichsten Puncte einer geläuterten Religion zur festbegründeten Ueberzeugung zu gelangen[3]. Aber

1 Evang. Matth. Cap. VI. v. 26 ff.

2 Pauli epist. ad Rom. Cap. I. v. 19.

3 Dem Physiker als solchem gebührt es nicht, die für ihn bezeichneten Grenzen zu überschreiten und aus der Gröſse des Weltalls nebst der darin herrschenden Ordnung den Beweis für einen höchsten Schöpfer und Regirer des Ganzen herzunehmen; wohl aber kann der Theolog und Philosoph zu diesem Zwecke dasjenige be-

Digitized by Google

nicht bloſs die Betrachtung der Naturwunder im Ganzen führt zum religiösen Glauben, wie es in den angeführten Stellen auch dem ungebildeten Verstande anschaulich gemacht wird, sondern je tiefer der forschende Verstand in das Innere der Natur und ihrer unwandelbaren Gesetze einzudringen sich bestrebt, um so fester muſs seine Ueberzeugung in übersinnlichen Dingen begründet werden. Allerdings ist die Auſsenwelt im Kleinen wie im Groſsen in einem bedeutenden Umfange und bis in die verborgensten Tiefen bereits erforscht, die Apparate zur Beförderung unserer Kenntnisse hierüber sind auſserordentlich vervielfacht und verbessert worden, aber dennoch überzeugt man sich bald, daſs der menschliche Verstand sich nur gleichsam in der Mitte eines unermeſslichen Ganzen befindet, dessen Umfang er nicht zu übersehn und dessen verschwindend kleine Theile er nicht zu erkennen vermag. Vergebens bemüht sich der fleiſsige Forscher, die Grenzen des Weltalls zu erspähn, die unerreichbar stets weiter hinausrücken, selbst wenn er seiner Phantasie einen kühnen Flug in die unermeſslichen Räume gestattet, und eben so fruchtlos ist sein Bemühn, wenn er mit unermüdlicher Geduld die kleinsten Theile der Körper kennen zu lernen strebt, aus denen das groſsartige Ganze zusammengesetzt seyn muſs. Wohl erkennt er überall Uebereinstimmung und innern Zusammenhang, allerdings gelangt er zur Kenntniſs allgemeiner Gesetze, deren absolute und unumstöſsliche Gewiſsheit dem nach Wahrheit strebenden Verstande wohlthätig zusagt, allein stets findet er zugleich, daſs noch vieles unerkannt bleibt, dessen Menge, verbunden mit den unüberwindlichen Schwierigkeiten, die sich sogleich im Beginnen seinen Bemühungen nach richtiger

---

nutzen, was die Physik hierüber darbietet. In dieser Beziehung erwähne ich nur eine interessante Folgerung, welche der groſse und gewiſs Vertrauen verdienende Geometer La Place im Syst. du Monde. Paris 1824. T. II. p. 393. aus der Ordnung des Planetenlaufes ableitet: Des phénomènes aussi extraordinaires ne sont point dus à des causes irrégulières. En soumettant au calcul leur probabilité, on trouve qu'il y a plus de deux cent mille milliards à parier contre un, qu'ils ne sont point l'effet du hasard; ce qui forme une probabilité bien supérieure à celle de la plupart des évènemens historiques dont nous ne doutons point. Nous devons donc croire, au moins avec la même confiance, qu' une cause primitive a dirigé les mouvemens planétaires.

Digitized by Google

Einsicht entgegenstellen, ihn bald zu der Ueberzeugung führt, daſs sein endlicher Verstand die ins Unendliche hinausrückende Aufgabe zu lösen niemals im Stande seyn werde. Auf der einen Seite erzeugt dieses Bescheidenheit in der Würdigung der eignen Kräfte, auf der andern aber führt eben die innere Evidenz des wirklich Erkannten zu der festen Ueberzeugung, daſs es noch Höheres, Unerkennbares geben müsse, und beides sichert gleichmäſsig gegen das anmaſsende und wahrhaft frivole Streben, über alles urtheilen, alles entscheiden zu wollen, was auch der Erfahrung nach bei dem ächten Naturforscher nie gefunden wurde. Mag dieser auch noch so sehr Anhänger der Corpusculartheorie seyn und diesemnach die selbstständige Existenz von Kräften im Bereiche der todten Natur bezweifeln, nie wird es ihm dennoch in den Sinn kommen, alle Erscheinungen aus dem bloſsen Conflicte der verschiedenartigen Materie ohne die Mitwirkung von Kräften erklären zu wollen, und wenn er sich schon im Gebiete der organischen Natur gezwungen fühlt, eine stets thätige Lebenskraft anzunehmen, deren Wesen und eigentliche Beschaffenheit er zu ergründen sich so lange vergebens bemüht hat, um so mehr wäre es die höchste Inconsequenz und ein eigentlicher Widerspruch gegen die einmal gewählte und mit dem glücklichsten Erfolge stets beibehaltene Methode der Forschung, wenn er dieses dunkle Gebiet überspringen, über das Uebersinnliche urtheilen, das Geistige im Menschen zu erkennen vorgeben oder gar auf den Conflict des Materiellen zurückführen, endlich selbst über höhere Geister und über den Urheber aller Dinge sich ein entscheidendes Urtheil anmaſsen wollte. Wie bereits oben bemerkt worden ist, da, wo die Kenntniſs der Natur aufhört, beginnt der Glaube, und letzterer wird um so ächter, ernster und gewisser, je begründeter die Ueberzeugung ist, daſs die Naturforschung bis dahin nicht gelange und beide daher stets getrennt bleiben müssen.

Auſser dem hier genügend nachgewiesenen objectiven Nutzen gewährt die Naturforschung noch einen subjectiven, welcher gleichfalls gewürdigt zu werden verdient. Nicht bloſs die Kenntnisse, die sie uns verschafft, sind nützlich, sondern das Studium selbst und die Mittel, uns jene zu verschaffen, wirken vortheilhaft auf die Ausbildung unserer geistigen und Verstandesanlagen. Schwerlich bedarf es weitläuftiger Beweise, um

Digitized by Google

diese Behauptung genügend zu begründen. Schon aus den vorhergehenden Betrachtungen folgt, daſs das tiefere Eindringen in die Operationen der Natur das Gemüth des sittlich guten Menschen zur Bescheidenheit und zu ächter Religiosität führt, von der andern Seite aber wirkt es erhebend, neben der Ueberzeugung von dem vielen, was der unüberwindlichen Schwierigkeiten wegen dem menschlichen Verstande stets verborgen bleiben wird, zu dem Bewuſstseyn von der groſsen Menge von Problemen zu gelangen, deren sichere Lösung die Kraft des forschenden Geistes beurkundet. Wenn man unter andern nur berücksichtigt, daſs es dem Nachdenken gelungen ist, aus den Schwingungen eines schweren Körpers an einem Faden die Abplattung der Erdkugel zu bestimmen, die wegen ihrer Gröſse dem unkundigen Beobachter als ein ebener Körper erscheint, so dringt sich unwillkürlich die erfreuliche Betrachtung auf, mit welchem befriedigenden Erfolge der forschende Verstand die festbegründeten Gesetze der Natur kennen zu lernen sich bestreben darf. Zugleich aber liegt in dem Wesen dieser Gesetze und der Methode, nebst den zu ihrer Erforschung nothwendigen Erfordernissen, der eigenthümliche Grund, daſs alle diese Operationen so ausnehmend vortheilhaft auf eine zweckmäſsige Ausbildung der Denkgesetze wirken. Daſs das Studium der Mathematik schon an sich wegen der absoluten Bestimmtheit der Prämissen und der unbedingten Nothwendigkeit der hieraus gefolgerten Schlüsse das Nachdenken schärfe, hat man nie in Zweifel gezogen, aber eben so gewiſs ist zugleich, daſs man namentlich in der eigentlichen Physik nur durch Anwendung eben dieser mathematischen Methode zur Auffindung und Begründung der Naturgesetze gelangen könne, indem hierbei bloſs der Unterschied stattfindet, daſs in der Mathematik die Bedingungen willkürlich gewählt, in der Physik dagegen aus der Wirklichkeit entnommen werden. Eben hieraus erwächst aber ein überwiegender, der letztern Wissenschaft unzweifelhaft zukommender Vorzug, welcher einen mehr als genügenden Ersatz dafür gewährt, daſs die aus der Natur entnommenen und den Berechnungen zum Grunde liegenden Bestimmungen ungleich verwickelter und nicht allezeit eben so unbezweifelt gewiſs sind, als diejenigen, welche die reine Mathematik sich selbst wählt. Diejenigen Gesetze nämlich, welche in der Physik aus den Erfahrungen abgeleitet werden, müssen allgemein

und in der Natur selbst wirksam seyn. Jede neue Beobachtung, jeder neue Versuch muſs daher Resultate geben, die mit ihnen übereinstimmen, und wenn dieses nicht der Fall ist, so kann der Naturforscher darin keine Entschuldigung finden, daſs das Gesetz selbst nur auf einer willkürlichen Bestimmung beschränkter Geister beruhe, sondern da ein jedes derselben höhern Ursprungs ist, so muſs er zugestehn, daſs an ihm selbst der Fehler liege, ja es wird ihm zugleich auch durch die Naturerscheinungen selbst Gelegenheit gegeben, die Ursachen der begangenen Fehler aufzufinden, diese zu berichtigen und hieraus zu lernen, wie er künftig ähnliche vermeiden und richtiger schlieſsen könne. Alles dieses ist so einleuchtend und unwidersprechlich, daſs man mit Sicherheit auf einen stets wachsenden und mehr allgemeinen Eifer in der Erforschung der Naturgesetze hoffen darf, als welcher sich bisher neben den allerdings vielen und groſsartigen einzelnen Bestrebungen gezeigt hat.

Geschichtliche Uebersicht der Naturwissenschaften.

Als Einleitung in eine Wissenschaft verlangt man eine geschichtliche Uebersicht ihrer Entstehung und allmäligen Ausbildung, und billig sollte diese daher auch hier gegeben werden, allein einestheils ist die Geschichte der Physik ausnehmend weitläuftig, sobald man nur einige Vollständigkeit verlangt, so daſs das hierüber vorhandene vorzüglichste deutsche Werk keinen kurzen Auszug gestattet[1], anderntheils ist bereits bei den einzelnen Lehren die Geschichte ihrer Auffindung und spätern Bearbeitung mitgetheilt worden, so daſs es unmöglich seyn würde, vielfache Wiederholungen des anderwärts Gesagten hier zu vermeiden. Es scheint mir daher am zweckmäſsigsten, den allgemeinen Fortgang der physikalischen Wissenschaften nach den einzelnen Hauptmomenten nur kurz zu bezeichnen.

Der Veranlassungen zur Beobachtung der Naturerscheinun-

1 Geschichte der Physik seit der Wiederherstellung der Künste und Wissenschaften bis auf die neuesten Zeiten von J. C. Fischer. Gött. 1801 bis 1808. VIII Th. 8. Die Geschichte der Mathematik und Astronomie ist wegen der innigen Verwandtschaft dieser Wissenschaften von der der Physik unzertrennlich. De Loys Abrégé chronologique pour servir à l'histoire de physique. Strasb. 1786 — 1788. III T. 8. enthält zwar einige Materialien, aber in gröſster Unordnung.

gen giebt es eine so überwiegende Menge und sie liegen auſser-dem so nahe, daſs man den Anfang der Naturkunde füglich in das höchste Alterthum hinaufrücken könnte, auch ist in den ältesten geschichtlichen Urkunden von einer Anwendung der physikalischen Gesetze auf die Fabrication der nöthigsten Kunstproducte sogleich nach der Entfernung des Menschengeschlechts aus dem Paradiese die Rede. Solche rohe, zur Befriedigung der ersten und einfachsten Bedürfnisse erforderliche Versuche muſsten auch nothwendig beim ersten Beginnen einiger Cultur gemacht werden, indeſs läſst sich dennoch nicht bestimmen, in welches Zeitalter selbst diese hinaufzurücken sind und in welchem Grade die vorhandenen ältesten Urkunden in dieser Beziehung Glauben verdienen; hierüber zu entscheiden kommt dem Physiker als solchem ohnehin nicht zu. Auf jeden Fall aber haben jene ältesten Leistungen keinen wissenschaftlichen Gehalt, und wenn daher von der Naturkunde als Wissenschaft die Rede ist, so bleibt ihr Anfang ungewiſs und verliert sich in die dunkelsten Zeiten des höchsten Alterthums. Man hat zwar verschiedentlich die Weisheit und die Kenntnisse der *Indier* hoch angeschlagen, allein genauere und vorurtheilsfreie Forschungen haben keineswegs hiermit übereinstimmende Resultate gegeben, und wenn sich bei ihnen auch verschiedentlich Spuren mancher technischen Kenntnisse finden, so berechtigt dieses dennoch nicht dazu, hiervon auf eine eigentliche Pflege der Wissenschaften zu schlieſsen[1]. Wegen der oben erwiesenen Nothwendigkeit des Studiums der Naturkunde darf man übrigens mit Grunde annehmen, daſs dasselbe bei beginnender Cultur allen andern wissenschaftlichen Disciplinen vorangehe und mit den letzteren demnächst gleichmäſsig Schritt halte. Läſst sich daher nachweisen, daſs ein Volk nur einige Bildung gehabt habe, so berechtigt dieses zu der Voraussetzung, daſs es in den Naturwissenschaften nicht ganz zurückgeblieben sey, eine Schluſsfolgerung, die sich auf die *Aegyptier* anwenden läſst und durch geschichtliche Thatsachen bestätigt wird. Allerdings waren ihre Kenntnisse wohl nicht von derjenigen Bedeutung, als man-

1 Die in der heiligen Sanskrit-Sprache geschriebenen Werke werden zwar von vielen sehr hoch geschätzt, allein sicher finden sich darin keine Spuren einer höhern Naturkunde. Vergl. Wachler Lehrbuch der Literaturgeschichte. Leipz. 1830. 8. S. 6.

Digitized by Google

che anzunehmen geneigt sind, wonach sie in den ältesten Zeiten sogar eine richtige Gradmessung bewerkstelligt haben sollen[1], allein gewiſs oder mindestens höchst wahrscheinlich ist zugleich, daſs sie schon von der Einwanderung der Israeliten nicht unbedeutende Fortschritte in der Astronomie und auch in der Physik gemacht hatten, wie dieses aus ihren mehr als mittelmäſsigen Leistungen in der Zeitbestimmung, in der Baukunst, Technologie und Agricultur unverkennbar hervorgeht. Es liegt übrigens in mehrfachen örtlichen Bedingungen, daſs die Bewohner Aegyptens bald nach ihrer Ansiedelung von der ursprünglichen Rohheit wandernder Stämme zurückkommen muſsten. Die groſse Fruchtbarkeit des Bodens gewährte nämlich zwar leicht zu erwerbenden und genügenden Unterhalt, allein die jährlichen Ueberschwemmungen des Nils erforderten eine Beachtung ihrer periodischen Wiederkehr, um sich dagegen zu sichern, und vertilgten auſserdem sicher schon damals, wie bis auf den heutigen Tag, alle bestehende Grenzbestimmungen, wodurch sie die Feststellung der Jahreslänge und die ersten Begriffe der Geodäsie nothwendig machten. Es mag daher immerhin der erste Anfang astronomischer Beobachtungen den nomadischen Völkern der nordasiatischen Küstenländer am mittelländischen Meere deswegen zugehören, weil der Glanz der Sterne die Aufmerksamkeit der nächtlichen Wärter groſser Heerden erregte, sicher aber machten die Eigenthümlichkeiten Aegyptens eine durch den Lauf der Gestirne gegebene Zeiteintheilung zum unumgänglich dringenden Bedürfnisse. Wie weit es übrigens die Aegyptier in der Astronomie und der Physik gebracht haben mögen, dieses ist bei der Unbekanntschaft mit ihrer Hieroglyphenschrift schwer auszumitteln und auch aus den Ueberresten der Baukunst und sonstigen Denkmälern aus der Urzeit nicht wohl bestimmbar. Die Griechen legen zwar einen hohen Werth auf die Kenntnisse, welche ihre eigenen ältesten Gelehrten dort erlernten, allein mir scheint dieses mehr auf den geringen Fortschritten zu beruhn, welche jene Völker damals erst gemacht hatten, als auf einer absolut hohen wissenschaftlichen Bildung der Aegyptier, welche wohl in Folge klimatischer Einflüsse zu schwerfällig im scharfen Nachdenken waren, um überhaupt eine hohe Stufe der Geistescultur zu erreichen,

1 Vergl. Art. *Maſs* im Anf. A. a. Bd. VI. Abth. 2.

Digitized by Google

wofür insbesondere das Argument entscheidet, daſs alle höhere Kenntnisse, in Geheimnisse gehüllt, das Eigenthum einzelner Kasten waren, ohne in das ganze Volk klar und lichtvoll überzugehn. Dennoch aber berechtigen uns auſser den Ueberresten der Kunst insbesondere die Zeugnisse der ältesten griechischen Gelehrten, welche insgesammt jenes Land zur Erweiterung ihrer Kenntnisse besuchten, zu der Ueberzeugung, daſs Aegypten als die Wiege der wissenschaftlichen Cultur, namentlich auch in Beziehung auf Astronomie, Mathematik, Physik und Chemie, im Alterthume zu betrachten sey.

Auſser den Aegyptiern kann nicht wohl irgend eins der ältesten Völker auf den Ruhm einer eigentlichen Begründung und Erweiterung der Naturwissenschaften Anspruch machen. Bei den *asiatischen handeltreibenden Stämmen* war dieses sicher nicht der Fall, denn ihre auch mit Sklaven handelnden Caravanen waren allem Anscheine nach von den neuern dortigen nicht verschieden. Die *Phönicier* und namentlich die an der Nordküste Africa's sich ansiedelnden *Karthager* besaſsen zwar eine etwas höhere Bildung und verbreiteten auf ihren Handelswegen manche Kenntnisse, allein handelnde Nationen beginnen erst dann in der Naturkunde bedeutende Fortschritte zu machen, wenn sie die Schifffahrt auf eine höhere Stufe bringen oder durch Verbesserung der selbst erzeugten Kunstproducte andern den Rang abzugewinnen suchen, was bei jenen nicht der Fall war. Die nomadisirenden *Hebräer* brachten zwar aus Aegypten eine groſse Menge von Kenntnissen mit, und insbesondere zeigt Moses, eingeweiht in die Wissenschaften jenes Landes, wie viel ein Mann von überlegenen Geisteskräften zu leisten vermag, allein für höhere Cultur war jenes Volk zu seiner Zeit noch nicht reif, und später traten die stets sich erneuernden Streitigkeiten im Innern und auswärtige Kriege als unübersteigliche Hindernisse entgegen, so daſs dieser aus dem höchsten Alterthume bekannte und durch seine merkwürdigen Schicksale berühmte Völkerstamm namentlich in der Naturkunde nie etwas Bedeutendes geleistet hat. Wie weit es die *Hetrurier*, deren plastische Kunstwerke noch jetzt die Bewunderung der Alterthumsforscher erregen, hierin gebracht haben, ist mit Gewiſsheit schwer auszumitteln, indem manche zu ihrem Vortheile sprechende Andeutungen hierzu nicht ausreichen.

Als Nachfolger der Aegyptier in der Förderung der Natur-

Digitized by Google

kunde können daher bloſs die *Griechen* genannt werden, die uns auſserdem durch hinterlassene bestimmte Nachrichten aus der Dunkelheit der mythischen Ueberlieferungen in das helle Gebiet der eigentlichen Geschichte führen, so daſs wir den Gang der allmälig sich erweiternden Wissenschaften bis zu den neuesten Zeiten herab sicher verfolgen können. Wie bedeutend auch immer dasjenige seyn mag, was die ausgezeichneten Männer jenes im Ganzen so geistreichen Volkes von Fremden erlernten, so bleibt es doch ausgemacht, daſs die Wissenschaften dort originell und ursprünglich ausgebildet wurden und nicht, wie bei den Römern, als aus der Fremde eingeführt bestanden. Leider stand dort vom Anfang an bis zum Ende ruhige und sorgfältige Beobachtung in weit geringerem Ansehn, als Theorie und Speculation, denn sonst würden die Griechen bei ihren vorzüglichen Anlagen und den auſserordentlichen ihnen zu Gebote stehenden Hülfsmitteln noch ungleich mehr geleistet haben, wie namentlich aus einigen Resultaten ihrer empirischen Forschungen unverkennbar hervorgeht.

Die erste Frage, welche der das Nachdenken beginnende Verstand als die zunächst vorliegende zu beantworten versucht, ist die über den Ursprung aller Dinge oder vielmehr der sichtbaren Welt, worin ihm die Erde bei weitem die Hauptsache zu seyn scheint. Alle Völker fangen daher ihre Philosopheme mit Theogonieen und Kosmogonieen an, die der erreichten Bildungsstufe jederzeit angemessen sind. Die Griechen erlernten manches in Aegypten, aber die Neigung zur Beantwortung der genannten Frage ist dennoch auch in ihren spätern naturphilosophischen und gänzlich speculativen Systemen vorherrschend. Nach Thales von Milet (um 610 v. Chr. G.) sollte alles aus dem Wasser entstanden seyn, aber die Führer der von ihm gestifteten ionischen Schule, Pherecydes aus Syros (um 550 v. Ch. G.), Anaximander von Milet (um 530 v. Ch. G.) und Anaximenes gleichfalls von Milet (st. 500 v. Ch.) suchten schon nach feineren Elementen aller Dinge; mehr noch wichen Heraklitus (um 500 v. Ch.) und Empedokles (um 460 v. Ch.), der erste Gründer der Lehre von den vier Elementen, Feuer, Luft, Wasser und Erde, von ihm ab, desgleichen Hermotimus und Anaxagoras (um 456 v. Ch.), beide von Klazomenä, unter denen der letztere eine Gottheit als höchste gestaltende Intelligenz über die *Homoiomerieen* oder

Digitized by Google

gleichartigen Elementartheilchen erhob. In jenen frühesten Zeiten machte auch insbesondere der geistreiche, durch viele Reisen gebildete Pythagoras aus Samos (um 550 v. C.), der Stifter der italienischen Schule in Kroton, groſses Aufsehn. Er war geübter Mathematiker, wie der von ihm benannte Lehrsatz beweist, ob es aber mehr als ein Spiel der Phantasie genannt werden darf, wenn er zur Erklärung der Naturgesetze die Verhältnisse der Zahlen anwandte, bleibt bei der Unbestimmtheit der gebrauchten Bezeichnungen stets ungewiſs und ist mir nicht wahrscheinlich, da ich überhaupt ungern in allgemeine Ausdrücke mehr Bestimmtheit hineinlege, als wirklich darin enthalten ist[1]. Uebereinstimmend mit dieser Ansicht finden wir auch bei seinen Schülern und Nachfolgern nichts weiter, als dichterische Ideen über kosmische Bedeutung der Zahlen und ihrer Harmonieen, indem selbst das, was sie über die Verhältnisse der Töne und der Musik sagen, zu keinem deutlichen Resultate führt. Die vorzüglichsten unter ihnen waren Theano (um 530 v. C.) und Alkmaeon, beide aus Kroton, Epicharmus aus Syrakus (um 480 v. C.), Ocellus Lucanus (um 500 v. C.), Timaeus aus Lokri, Philolaus vermuthlich aus Tarent (um 530 v. C.) und der berühmte Archytas aus Tarent (um 380 v. C.).

Eine der ältesten philosophischen Schulen ist die durch Xenophanes von Elea (um 536 v. C.) gestiftete und nach dieser seiner Vaterstadt benannte. Er selbst beschäftigte sich hauptsächlich mit metaphysischen Betrachtungen über die Einheit aller Dinge, behauptete das ewige Seyn des durch die Kraft des Denkens Gesetzten und begründete hierdurch zuerst den Pantheismus und Idealismus; sein Schüler Parmenides dagegen (kam 460 v. C. nach Athen) hob den Widerspruch zwischen Vernunftidee und Erfahrung mehr hervor und beides bewirkte, daſs Zeno aus Elea (um 440 v. C.) zur Dialektik und Melissus aus Samos (um 440 v. C.) nebst Diagoras aus Melos (um 416 v. C.) zum Skepticismus übergingen, welcher durch Pyrrho aus Elis (um 340 v. C.) aufs Höchste gesteigert wurde. Ganz im entgegengesetzten Sinne waren die Gründer der neuern elea-

1 Wir besitzen von ihm nur wenige höchst undeutliche Fragmente. S. H. Ritter Geschichte der Pythagor. Philosophie. Hamburg 1826. 8.

Digitized by Google

tischen Schule, die man auch die atomistische oder mechanische nennen könnte, Anhänger des Realismus und würden daher, nach dem zu schlieſsen, was in den neuesten Zeiten geschehn ist, für Naturkunde viel geleistet haben, wenn sie ihre Erfahrungen besser und in gröſserem Umfange zu begründen sich bestrebt hätten, statt sich darauf zu beschränken, die mangelhaft erkannten Erscheinungen aus den hypothetisch bestimmten Gestalten und Eigenschaften willkürlich angenommener Atome zu erklären. Der Stifter der Atomistik ist Leucippus (um 500 v. C.), eine erweiterte Ausbildung erhielt seine Lehre aber durch Demokritus aus Abdera (st. 404 v. C.), welcher den groſsen Nutzen der Beobachtungen einsah und vielen Fleiſs darauf verwandte, ohne daſs jedoch diese von ihm eingeführte Methode in Griechenland tiefer wurzelte. Seine nächsten Anhänger waren Metrodorus aus Chios, Nausiphanes aus Teos, Protagoras und Anaxarchus aus Abdera, nachher nahm Epikur (305 v. C.) diese Theorie in sein philosophisches System auf, und später wurde sie durch Lucretius Carus (95 bis 50 v. C.) in seinem Gedichte geistreich bearbeitet.

Mit Sokrates (geb. 469, starb 400 v. C.) beginnt eine neue Periode in der Behandlung der Wissenschaften, indem dieser eben so richtig als scharfsinnig philosophirende Denker die Nichtigkeit der Irrwege nachwies, auf welche der Hang zur Sophistik geleitet hatte. Ohne selbst ein neues System aufzustellen, wodurch er den eben genannten Zweck bei weitem weniger oder aller Wahrscheinlichkeit nach gar nicht erreicht haben würde, gab er die Veranlassung, daſs sein geistreicher Schüler Plato (430 bis 348 v. C.) ein solches begründete und Aristoteles (384 bis 322 v. C.) sein Zeitalter so weit überflügelte, daſs seine Philosophie bis auf die neuesten Zeiten herab als unübertrefflich betrachtet wurde. Zugleich erhielt die Philosophie oder vielmehr die Bearbeitung der Wissenschaften überhaupt durch Sokrates und seine nächsten Nachfolger einen so sehr erweiterten Umfang, daſs von diesem Zeitpuncte an die Naturforschung von den übrigen Disciplinen als ein besonderer Zweig geschieden werden muſs.

Daſs Sokrates selbst etwas für Naturforschung gethan habe, wird von den Bearbeitern der Geschichte der Philosophie nicht erwähnt, auch läſst sich in dieser Beziehung nichts eigentlich Bestimmtes nachweisen; allein dennoch hat er dadurch

Digitized by Google

auch für dieſen Zweig sehr genützt, daſs er den oben bereits als einzig richtig bezeichneten Weg zu wählen lehrte, welcher eine Trennung des Uebersinnlichen, des religiösen Glaubens, vom Studium der Natur und des Menschen unbedingt fordert. SOKRATES war Theist und schied die aus dem Innern des Menschen und der Betrachtung der Natur entnommene Vorstellung von einem höchsten Wesen als das Uebersinnliche von der Naturforschung, der Moral und der Psychologie, zeigte die Unsicherheit alles menschlichen Wissens, die groſsen Nachtheile der Sophistik, richtete statt dessen das Philosophiren auf das rein Menschliche und suchte einen ethischen Eudämonismus zu begründen. Sein Schüler und Nachfolger PLATO aus Athen (geb. 430, st. 348 v. C.) ist durch seine Lehren und zahlreichen hinterlassenen Schriften wichtig für alle Zweige der Wissenschaften geworden, in specieller Beziehung auf Naturkunde aber ist nach FRIES[1] der Mittelpunct seiner Weltansichten die Erhabenheit in der Vorstellung von dem kugelförmigen Weltall, welches er für ein geschlossenes Ganzes annimmt, und von der anbeginnlosen, unveränderlichen und vollkommen göttlichen Kreisbewegung am Himmel. PLATO näherte sich in seinen Ansichten dem ANAXAGORAS, indem das, was ersterer durch *Ideen* bezeichnet, den Homoiomerieen des letzteren vergleichbar ist. Beide setzten ein höchstes, nur geistig erkennbares Wesen als erste Ursache alles Seyenden voraus und übereinstimmend mit PARMENIDES meint PLATO, daſs alle menschliche Erkenntniſs des räumlichen Weltalls nur mangelhaft sey. Seine Aussagen über das Letztere sind deswegen undeutlich, weil er, wie PYTHAGORAS, sich zur Bezeichnung seiner Philosopheme der Zahlen und geometrischen Körper bediente. Die höchste Idee der Gottheit erzeugte nach ihrem Bilde die Weltkugel und belebte sie durch die Weltseele, welche in der Zahl zuerst nach dem Unterschiede des *Einförmigen* (der täglichen Bewegung der Weltkugel) und des *Mannigfaltigen* (der Bewegung der Gestirne im Thierkreise) gegeben ist. Für Letzteres dienen dann als Bezeichnung die Zahlenharmonieen, welche wegen der drei Dimensionen des Raumes durch die Reihen der Wurzeln, Quadrate und Würfel der Zahlen 2 und 3 in den sieben Zahlen 1, 2, 3, 4, 9, 8, 27 gegeben sind. Das Materielle

1 Lehrbuch der Naturlehre S. 40.

Digitized by Google

besteht demnach aus vier Elementen, weil zwischen jeden zwei Würfelzahlen zwei mittlere geometrische Proportionalzahlen liegen, die äuſsersten, *Erde* und *Feuer*, haben die mittleren, *Wasser* und *Luft*, zwischen sich. Die Natur zeigt uns aber nicht die Elemente selbst, sondern in ihren verschiedenen Gestaltungen bald das eine, bald das andere vorwaltend; denn da in der sichtbaren Welt nur die Bilder des wahren Wesens zum Vorschein kommen, so muſs in ihr ein mittleres zwischen Abbild und Urbild, das Gestaltlose, aber jeder Gestaltung Empfängliche, nämlich der Raum, vorhanden seyn, und das Urbild wird dann für die Natur die Regel der Gestaltung. Als Bezeichnung der Elemente dienen die regulären Körper; das Feuer ist das Tetraeder, die Luft das Octaeder, Wasser das Ikosaeder und Erde der Würfel. Es bleibt dann noch ein fünfter, das Dodekaeder, welches den Aether oder das Element der ursprünglichen Kreisbewegung bezeichnet.

Plato's Naturphilosophie ist rein speculativ und daher auch des mathematischen Gewandes ungeachtet allezeit nicht bloſs nutzlos geblieben, sondern hat sogar später zu vielen corrupten Ideen Veranlassung gegeben. Sicher würde daher auch sein Schüler Aristoteles von Stagira (geb. 384 st. 322 v. C.), Lehrer Alexander's des Groſsen und Stifter der peripatetischen Schule, nicht mehr geleistet haben, wenn er sich gleichfalls bloſs hierauf beschränkt und nicht zugleich einen reichen Schatz von Beobachtungen hinterlassen hätte, wozu ihm die Kriege der Griechen im Oriente unermeſsliche Hülfsmittel darboten. Manche seiner Untersuchungen sind daher noch jetzt von Werth und werden gehörigen Orts in diesem Werke gelegentlich erwähnt, so daſs hier nur die Hauptsätze seines naturphilosophischen Systems anzugeben sind[1]. Aristoteles behielt die Lehre von den fünf Elementen bei, setzte sie aber mit den Bewegungsgesetzen in Verbindung, indem er annahm, es gebe drei Arten der einfachen Bewegung, zum Mittelpuncte, vom Mittelpuncte und um den Mittelpunct, welche letztere, die Kreisbewegung, die vollkommene, belebende und göttliche ist. Die Elemente sind hiernach trocken und schwer = Erde, naſs

---

1 Auch diese entlehne ich aus dem genannten Werke von Fries S. 42., dessen Studien vorzugsweise zur Untersuchung der Philosopheme der Alten veranlaſsten.

Digitized by Google

und schwer = Wasser, trocken und leicht = Feuer, naſs und leicht = Luft, das fünfte Element aber ist das der Kreisbewegung oder des Sternhimmels. Zugleich wich er aber von seinem Lehrer ab, indem er das Wesen der Dinge in der sichtbaren Welt selbst gegeben annahm und also die Selbstständigkeit der Zahlen, Figuren und allgemeinen Begriffe leugnete. Er unterschied zwei Arten der Substanzen, nämlich die *Masse* (ὕλη) und das Princip der *Gestaltung* (μόρφη, εἶδος), die *Entelechie*, wovon jene nur ein Princip der Möglichkeit, diese der Wirklichkeit ist. Die Seele (ψυχὴ) ist eine Entelechie, und der Wirklichkeit nach alles, was existirt, in ihr aber die Vernunft allein das Selbstständige; das Weltall, der Himmel als κόσμος, ist daher nicht Masse, sondern Entelechie, und die einzige unveränderliche Ursache alles Veränderlichen, also die höchste Entelechie und höchste Vernunft, ist die Gottheit.

Den höheren Standpunct der geistigen Cultur in jenen Zeiten erkennt man nicht bloſs aus den tiefer gedachten naturphilosophischen Systemen, sondern zugleich auch hauptsächlich aus der gründlicheren Bearbeitung der Hülfswissenschaften. In der Mathematik wurde sehr viel geleistet durch die bereits genannten Pythagoras, Archytas von Tarent und Plato, durch Hippokrates aus Chios (um 450 v. C.), Eudoxus aus Knidos (um 370 v. C.), durch Aristoteles selbst und seine zahlreichen Anhänger, die sich über Griechenland, Aegypten, Unteritalien und Sicilien ausbreiteten. Eine Erwähnung verdienen vorzüglich Euklides (280 v. C.), Apollonius von Perga (250 v. C.), Konon aus Samos (260 v. C.) und sein hochberühmter Schüler Archimedes aus Syrakus (geb. 287, st. 212 v. C.), Ktesibius aus Asora (um 230 v. C.) und sein Schüler Heron aus Alexandrien (um 210 v. C.) und Philo von Byzanz (um 150 v. C.). Die von diesen groſsen Männern hinterlassenen Werke boten einen reichen Schatz des Unterrichts dar und sicherten die Wissenschaft lange Zeit vor dem drohenden gänzlichen Verfalle. Als vorzügliche Mathematiker können genannt werden Theodosius aus Tripolis (um 100 n. C.) und seine Zeitgenossen Menelaus, Theon aus Smyrna, Nikomachus der Pythagoräer aus Gerasa, Apollodorus aus Damascus (st. 129 n. C.), Anatolius, Bischof von Laodicäa, insbesondere Diophantus aus Alexandrien (um 360 n. C.), Theon aus Alexandrien (um 365 n. C.) nebst dessen Tochter Hypatia (ermordet 415 n. C.),

Digitized by Google

Pappus aus Alexandrien (um 390 n. C.) nebst den späteren Proklus, Felix Capella und Eutokius aus Askalon. Nur unbedeutend war die Anwendung der Mathematik auf die Kriegswissenschaften, aber dennoch schrieb Aeneas aus Stymphalus (um 362 v. C.) über Vertheidigung fester Plätze und Strategie, Athenaeus und Biton aus Sicilien (um 235 v. C.) über Kriegsmaschinen, Onosander (um 53 n. C.) von der Feldherrnkunst und Polyaenus aus Macedonien (um 165 n. C.) über die Kriegslisten berühmter Feldherren.

Vorzugsweise wurde die Astronomie bearbeitet, womit sich unter den bereits genannten Thales, Pythagoras, Anaxagoras und Plato beschäftigten. Die regelmäſsige Periode des Sonnen- und Monden-Laufes aufzufinden bemühte sich zuerst Kleostratus (um 543 v. C.), bis Meton und Euktemon nebst Phännus (den 16. Juli 432 v. C.) die nach dem ersten benannte neunzehnjährige Periode aus anhaltenden Beobachtungen folgerten, auf deren Grund dann das Verhältniſs, daſs 235 Mondsmonate 19 Sonnenjahre ausmachen, mit goldenen Buchstaben auf schwarzem Marmor eingegraben wurde, worauf die noch jetzt übliche Bezeichnung der *güldenen Zahl* beruht. Eudoxus (um 366 v. C.) setzte die Beobachtungen fort und soll zuerst den Stillstand der Sonne gelehrt haben, Autolykus aus Pitane (um 340 v. C.) untersuchte den Auf- und Untergang der Gestirne, Pytheas (um 338 v. C.) wandte die Astronomie auf Geographie an, insbesondere aber verbesserte Kalippus (330 v. C.) die Meton'sche Bestimmung, indem er zeigte, daſs nach vier jener Perioden ein Tag ausfallen müsse. Vorzüglich besaſs das Museum zu Alexandrien (seit 287 v. C.) sehr groſse Anstalten für das Studium der Astronomie. Dort beobachteten lange Zeit Timocharis und Aristyllus (seit 300 v. C.), desgleichen die berühmten Männer Aratus (um 280 v. C.), dessen Ansehn hauptsächlich bei den Römern groſs war, und Eratosthenes aus Cyrene (um 228 v. C.), welcher die erste Messung des Erdumfanges versuchte. Aristarchus aus Samos (um 260 v. C.), einer der gelehrtesten und fleiſsigsten beobachtenden Astronomen jener Zeit, wurde vom Stoiker Kleanth wegen seiner Behauptung vom Stillstande der Sonne angeklagt, Hipparchus aber (um 165 v. C.), der bedeutendste unter allen, fand namentlich das Zurückweichen der Nachtgleichenpuncte auf, Posidonius (um 86 v. C.) wiederholte

Digitized by Google

die Erdmessung des Eratosthenes, Geminus aus Rhodus (um 70 v. C.) suchte die Astronomie populär darzustellen, und so ging diese Wissenschaft durch Sosigenes (um 60 v. C.), den Verbesserer des römischen Kalenders, Menelaus (um 98 n. C.), Theon aus Smyrna (um 115 n. C.) und einige minder wichtige Männer bearbeitet bis auf Claudius Ptolemaeus (um 150 n. C.) über, welcher die von seinen Vorgängern erhaltenen literärischen Schätze durch eigene Beobachtungen vermehrte und in seinen umfassenden Werken zusammenstellte, die bis auf die Wiederbelebung der Wissenschaften einzige oder hauptsächlichste Quelle aller astronomischen Kenntnisse blieben.

Die *Römer* erhielten die Wissenschaften insgesammt von den Griechen und lockten als eroberndes und dadurch zu übermäſsigem Reichthume gelangendes Volk die Gelehrten aus dem unterjochten Griechenlande in ihre Staaten. Eben daher wurzelten die Wissenschaften bei ihnen niemals eigentlich tief und eigenthümliche selbstständige Entwickelung derselben kann ihnen bloſs etwa rücksichtlich der Poesie, Beredtsamkeit und Rechtswissenschaft beigemessen werden. In specieller Beziehung auf Naturkunde sind sie daher mehr Sammler, als eigene Forscher, haben aber durch die Ueberlieferung der reichen Schätze aus dem Alterthume sich dennoch ein groſses Verdienst erworben. Als die vorzüglichsten Gelehrten unter ihnen dürfen weniger Marcus Manilius (um 25 v. C.), wegen seines Gedichtes über den Einfluſs der Gestirne auf die menschlichen Schicksale, als vielmehr Seneca (von 2 bis 66 n. C.) und insbesondere Plinius der ältere aus Novocomum (geb. 23, st. 79 n. C.) genannt werden, übrigens aber genügt die allgemeine Bemerkung, daſs die letzten Spuren der wissenschaftlichen Bildung gegen die überall eindringende Barbarei sich mehr bei den Griechen, namentlich im orientalischen Kaiserthume, als bei den Römern im Occidente erhielten. Der in der Naturforschung herrschende Geist zeigt sich in des Sotion (um 50 n. C.) Sammlung von Naturwundern und auſserordentlichen Ereignissen, des Phlegon aus Tralles (um 117 n. C.) Gespenster- und Wundergeschichten und des Artemidorus Daldianus (um 150 n. C.) Traumauslegungen. Besser erhielten sich die mathematischen und astronomischen Kenntnisse wegen der vortrefflichen Grundlage, die sie einmal erhalten hatten. Unter andern lieferte Thius aus Athen (510 n. C.) astronomi-

Digitized by Google

sche Beobachtungen, Anthemius aus Tralles (st. um 534 n. C.) zeichnete sich durch sein mechanisches Talent aus und verfertigte unter andern groſse Brennspiegel, Eutokius aus Askalon (um 550 n. C.) schrieb Scholien zu Archimedes, Leontius (um 590 n. C.) über des Aratus Sphäre, Heron der jüngere aus Alexandrien (um 610 n. C.) war in allen Theilen der Mathematik wohl bewandert, Leon (um 862 n. C.), von Al Mamun sehr geachtet, erfand einen Pyrotelegraphen, Michael Psellus (um 1050 n. C.) war vielwissend, obschon geistlos, und hat durch seine zahlreichen Schriften einen berühmteren Namen erhalten, als seine Nachfolger Theodorus Meleteniota (um 1150 n. C.), Manuel Bryennius (um 1300 n. C.), Nicolaus Cabasila (um 1300 n. C.), Isaak Argyrus (um 1360 n. C.), der Berechner des Osterfestes, und Nicolaus aus Smyrna, mit denen sich die Wissenschaft allmälig in gänzliche Dunkelheit verliert. Einige aus Aegypten vielleicht erhaltene Kenntnisse der Chemie gingen in Alchemie und Goldmacherkunst über, und dieses wirkte so nachtheilig, daſs Diocletian (296 n. C.) alle ägyptischen Bücher alchemischen Inhalts zu verbrennen befahl. Werthlos sind daher die Bemühungen des Palladius (um 600 n. C.), des Stephanus (um 640 n. C.) und des jüngeren Psellus, ob aber Kallinikus aus Heliopolis (um 678 n. C.) wirklich der Erfinder des *griechischen Feuers* sey, verdient noch eine nähere Untersuchung.

Sobald kriegerische Nationen oder einzelne Helden durch rohe Gewalt cultivirtere Völker unterjocht haben, bringen sie der überlegenen geistigen Bildung die gebührende Huldigung dar und werden Beförderer der Wissenschaften. Nirgends hat sich dieses auffallender gezeigt, als bei den *Arabern*, welche nach ihren blutigen Kriegen und fanatischen Verheerungen den Wissenschaften hauptsächlich an den Höfen ihrer Khalifen eine glänzende Zuflucht bereiteten. Hauptsächlich begünstigten sie Mathematik und Astronomie, vermuthlich mit aus der Ursache, weil von diesen noch die bedeutendsten Ueberreste, unvertilgbar wegen ihrer inneren Kraft, sich erhalten hatten. In der Mathematik zeichneten sich aus Muhammed ben Musa (820), Thebit ben Korrah (850), Albatani (st. 929) durch Einführung der Sinus statt der Chorden und Abul Wefa (um 950) durch Einführung der Tangenten und Secanten. Für Astronomie geschah viel durch Alhazen und Sergius (812), die Ueber-

Digitized by Google

setzer des Ptolemaeus, durch Alfergani (850), Albatani Ebn Junis aus Cairo (st. 1080) und Geber ben Affla (1050), sämmtlich als Schriftsteller und Beobachter bekannt. In der Chemie thaten sich hervor Dsafar (Dscheber oder Geber st. 765), Ebn Zohr (st. 1168), Abulcasem (st. 1122) und Ebn Roschd (st. 1206).

Die Araber verbreiteten die Wissenschaften über alle die Länder, die ihrer Herrschaft unterworfen waren, und selbst unter benachbarten Völkern, so daſs man Spuren hiervon in ganz Asien, der Nordküste Africa's und in Spanien antrifft. Unter andern kommen in dem hindostanischen astronomischen Systeme der *Suria-Sidantha* Angaben vor, welche eine Kenntniſs der Werke des Ptolemäus beurkunden, Al-Mansor (1150) hinterlieſs astronomische Tafeln, die neue persische und chinesische Astronomie stammt von den Bemühungen zweier Fürsten aus der Dynastie Dschingis-Khan's, der zwei Brüder Hulaku-Khan und Kobilai-Khan, welche im dreizehnten Jahrhunderte der eine Persien, der andere China beherrschten. Selbst die Usbekischen Tartaren huldigten den Wissenschaften, wie die berühmten astronomischen Tafeln des Ulugh-Beigh (st. 1449), eines Enkels von Timur, beweisen, welcher in Samarkand den Himmel beobachtete. Auſserdem verdienen genannt zu werden Alpetragi in Marocco (1150), von dem wir eine Theorie der Planeten besitzen, Nasireddin aus Tus (geb. 1183, st. 1273), der beste Uebersetzer des Euklides und Beobachter auf der Sternwarte zu Meragha, Archazel (1080), Al Ragel und Alkabitz (1252), alle drei aus Toledo, die beiden letztern Verfasser der *Alphonsischen Tafeln*. Auch Ebn al Awam aus Sevilla (1150) verfaſste ein Werk über Ackerbau und Ibn Baitar aus Malaga (st. 1248) bereicherte und verbesserte des Dioscorides Pflanzenkunde.

Die vielen verheerenden Kriege der wandernden Völker vertilgten die Wissenschaften, letztere sanken fortwährend tiefer herab und erhielten sich nur als einzelne Ueberreste in Constantinopel, Italien und Spanien, von wo aus sie sich allmälig wieder über das westliche Europa mit unverkennbarem Einflusse der frühern Cultur bei den Griechen und Arabern verbreiteten. Namentlich läſst sich ohne Schwierigkeit nachweisen, daſs die mathematischen und astronomischen Studien niemals ganz untergegangen sind, und sie haben ohne Zweifel für

Digitized by Google

das Wiederaufleben der Wissenschaften wo nicht das meiste, doch sehr vieles gewirkt. Mathematik und Astronomie wurden hauptsächlich durch die Araber nach dem westlichen Europa verpflanzt; und wenn gleich die letztere in Astrologie übergehen mufste, um dem Zeitgeiste zu huldigen und sich Beifall zu erwerben, von welchem Irrwege sie erst durch Keppler abgelenkt wurde, so hörte doch das Wesentliche, die Beobachtungen, niemals gänzlich auf. Unstreitig erwarb sich Gerbert (st. 1003) ein grofses Verdienst dadurch, dafs er die von den Mauren in Spanien erhaltenen mathematischen Kenntnisse nach Frankreich übertrug, die sich dann dort sowohl, als auch in England, Italien und Deutschland weiter verbreiteten. Als Lehrer derselben können Wilhelm, Abt zu Hirschau (st. nach 1091), Atheland in Bath (1133), Radulphus Brug (1144), Johannes Nemorarius (1235), Johannes de sto. bosco von Holywood (st. 1256), Johannes Campanus aus Novara (1250) und andere genannt werden. Einen grofsen Namen als Gelehrter überhaupt und insbesondre wegen seiner mechanischen Wunderwerke, so unbedeutend diese auch seyn mochten[1], erwarb sich Albertus Magnus (st. 1280), aber alle seine Vorgänger an Scharfsinn und Tiefe der Kenntnisse übertraf Roger Baco (st. 1294). Berühmt wurden ferner nach einander Johann Peckham (st. 1292), der Optiker Vitellion (um 1280) die Mechaniker Richard von Walingford (1320) und Jacob de Dondis aus Padua (st. 1350), die Mathematiker Thomas de Bradwardin (st. 1349) und Robert Suisset aus Oxford (um 1350). Von dieser Zeit an thaten sich hauptsächlich die Italiener hervor, Leonardo Fibacci (1202), welcher arabische Ziffern und Algebra einführte, worin ihm Giovanni de' Danti aus Arezzo (1346), Paul dell'Abaco (1360), Lucas Pacioli (1450), Johann Bianchini aus Bologna (st. 1458), Paul Toscanella (st. 1482), welcher die Umschiffung von Südafrica vorschlug und an ein westliches Continent glaubte, Dominicus Maria Novera aus Bologna, der Lehrer des Copernicus, und andere nachfolgten. Auch in Deutschland zeichneten sich Johann von Gmünden (st. 1442), Georg von Peurbach (geb. 1423, st. 1461), vor allen andern dessen Schüler Camillus Johannes

1 Vergl. *Perpetuum mobile.*

Müller Regiomontanus (geb. 1436, st. 1476) und Bernhard Walther (st. 1504) vorzüglich aus.

Naturkunde und selbst Physik blieben nicht ganz ohne Verehrer, welche aber meistens nur ihre Aufmerksamkeit auf ungewöhnliche Erscheinungen, die sogenannten Naturwunder, richteten. In dieser Beziehung können genannt werden Agobardus, Bischof von Lyon (st. 840), Marbod, Bischof von Rennes (st. 1123), Isibordus von Corvei (um 1200), Alexander Insulanus (um 1204), Michael Scotus (1240) und Aelfred, Thomas Cantipratensis, Schüler des Albertus (st. 1263), Vincentius Bellovacensis (um 1250), Alfonsus X. von Castilien (st. 1284), Conrad von Meygenberg (1349) und die durch höhere Bildung in vielen Wissenschaften sich auszeichnenden Thomas von Aquino (st. 1274) und sein Gegner Joh. Duns Scotus (st. 1308), Raymundus Lullus aus Palma (st. 1315), Petrus de Abano (st. 1316), Nicolaus Cusanus (st. 1464), auch als Mathematiker vorzüglich berühmt, und mehrere andere. Als merkwürdige Erscheinungen treten hervor das Werk Kaiser Friedrich's II. (st. 1250) über die Falkenjagd und seines Stallmeisters Jordanus Ruffus über die Pferdearzneikunde, desgleichen des Theodoricus de Apolda (um 1300) Erklärung des Regenbogens. Spätere Gelehrte, mehr Sammler und Commentatoren, waren Petrus de Crescentiis aus Bologna (st. 1307), Matthaeus Farinator aus Wien (1330), Bartholomaeus de Glanvilla (1340), Simon Feversham (1370), Albertus de Saxonia (1390), Johannes Kenyngale (st. 1451) und andere. Statt eigentlicher *Chemie* erhielten sich bloſs einige alchemische Spielereien, obgleich Roger Baco, Arnaldus de villa nova (st. 1313), Raymundus Lullus, Petrus de Abano, Basilius Valentinus (um 1460) und Nicolaus Flamel (st. 1413) auch in dieser Beziehung als berühmte Namen genannt werden. Desto wichtiger dagegen ist die Erfindung der Brillen, welche dem Alexander de Spina (1313), und der Magnetnadel, die dem Flavio Gioga aus Amalfi (um 1300) zugeschrieben wird, obgleich die letztere schon 1100 Jahre v. C. G. den Chinesen bekannt gewesen seyn soll [1].

1 Nach Hager Memoria sulla Bussola orientale. Vergl. *Compaſs.* Bd. II. S. 179.

Seit der Wiederbelebung der Wissenschaften giebt es der Männer, die sich durch Bearbeitung der Mathematik, Astronomie und Naturlehre im Ganzen oder einzelner Theile berühmt gemacht haben, so viele, daſs es zweckwidrig seyn würde, auch nur die meisten einzeln namhaft zu machen, um so mehr, als sie in diesem Werke gelegentlich oft erwähnt werden, und es scheint mir daher am geeignetsten, nur den Gang dieser Wissenschaften nach seinem allgemeinen Charakter zu bezeichnen.

Zuerst erhob sich die Astronomie zu neuem Leben und gab dem noch fortwährend blühenden Studium der Mathematik ein reiches Feld der Anwendung. Nicolaus Copernicus (geb. 1473, st. 1543), wahrscheinlich mehr durch eigenes Nachdenken als durch Ueberlieferung einiger Andeutungen der ältern griechischen und späterer Mathematiker geleitet, vertheidigte den Satz vom Stillstande der Sonne und dem Umlaufe der Erde um dieselbe. Ihn zu widerlegen bemühte sich hauptsächlich Tycho de Brahe (1546 bis 1601), wobei er durch König Friedrich II. von Dänemark auf der eigends für seine Beobachtungen eingerichteten Sternwarte zu Uranienburg freigebig unterstützt wurde. Der Stolz dieses groſsen Gelehrten zog ihm den Unwillen des Nachfolgers in der Regierung, Christian's IV., zu, allein er fand sehr liberale Unterstützung durch Kaiser Rudolph II. auf der Sternwarte zu Prag, wohin er seinen Gegner Keppler (geb. 1571, st. 1630) berief, weil er in diesem einen Vertheidiger seines Systems zu gewinnen hoffte, so sehr er ihn übrigens durch seine groſse Eitelkeit kränkte. Der groſse Keppler hatte mit unglaublichen Schwierigkeiten zu kämpfen, die ein verheerender Krieg, die zerrütteten Finanzen seines Regenten und insbesondere der damals herrschende Aberglaube und religiöse Fanatismus ihm in den Weg legten, die er aber insgesammt durch die Hülfsmittel seines überlegenen Verstandes und beharrlichen Fleiſses überwand [1], und man darf es gewiſs als einen bedeutenden Wendepunct in der Geschichte der Wissenschaften überhaupt betrachten, daſs er und sein gleich groſser Zeitgenosse Galilei durch das unfehlbare Mittel anhaltender genauer Beobachtungen diejenigen Vorurtheile sieg-

1 Johann Keppler's Leben und Wirken, nach neuerlich aufgefundenem Manusc. bearbeitet von J. L. C. Freiherrn von Breitschwert. Stuttg. 1831. 8.

reich bekämpften, die durch übermäſsige Verehrung alter Autoritäten und durch falschen, aus Miſsverständniſs entsprungenen, Glauben seit mehr als tausend Jahren unerschütterlich befestigt zu seyn schienen. Mit beiden in ihrer Art einzig groſsen Männern beginnt die merkwürdige Epoche, seit welcher die Naturforschung genaue Beobachtungen und unmittelbar daraus abgeleitete, klar aufzufassende, Schlüsse als einzige untrügliche Autorität betrachtet.

Italien war damals der Hauptsitz der mathematischen Wissenschaften, unter deren Erweiterer Nicolaus Tartaglia (st. 1557), sein Schüler Ludovicus Ferrari, Hieronymus Cardanus aus Pavia (geb. 1501, gest. 1575), Ferdinandus Commandinus (st. 1575), Franciscus Maurolycus (st. 1575), Giovan-Baptista della Porta (st. 1615), Lucius Valerius (st. 1615) und Paolo Sarpi (st. 1622) gehören. Zeitgenossen, Schüler und Nachfolger des die Epoche bildenden Galilei waren unter andern der Hydrauliker Castelli (st. 1644), Bonaventura Cavallieri (st. 1647), Evangelista Torricelli (st. 1647), Vincentius Viviani (st. 1701), der berühmte Astronom Dominicus Cassini (st. 1712) und Eustatio Manfredi (st. 1739). Unter den Franzosen thaten sich um diese Zeit hervor Franciscus Vieta (st. 1603), welcher die Buchstabenrechnung einführte, Paul de Fermat (st. 1665), Blaise Pascal (geb. 1623, st. 1662), Edmund Mariotte (st. 1684), Picard, seit 1678 Herausgeber der Connoissance des temps (st. 1684), und G. F. A. de l'Hopital (st. 1704); unter den Deutschen Georg Joachim Rhaeticus (st. 1576), Just Byrge (st. 1632), Christoph Clavius (st. 1612), Joh. Hevel (st. 1687), Jacob Leupold (st. 1727) und die Bernoulli's, Jacob (st. 1705), Johann (st. 1748), Nicolaus (st. 1759), Daniel (st. 1783), Johann (st. 1790) und Johann (st. 1807); unter den Niederländern Ludovicus van Ceulen (st. 1610), Willebrord Snellius (st. 1626), Simon Stevin (st. 1633), Gregorius a. s. Vincentio (st. 1667) und der gelehrteste unter ihnen Christian Huygens (st. 1695); die Britten blieben keineswegs zurück, denn unter ihnen zeichneten sich aus John Napier oder Neper de Merchiston (geb. 1550, st. 1617), der Erfinder der Logarithmen (1614), Henry Briggs (st. 1630), Thomas Harriot (st. 1621), James Gregory (st. 1675), Isaak Barrow (st. 1677) und J. Wallis (st. 1703).

Digitized by Google

Die angegebene Periode ist nicht minder wichtig und bezeichnend für das Studium der Naturlehre, in welcher Beziehung sich folgende Hauptmomente angeben lassen. Jahrhunderte hindurch kannte man nichts weiter, als was auf die oft miſsverstandene Autorität des Aristoteles nachgesprochen wurde. Zwar rügte schon früher Bernhardin Tilesius aus Cosenza (geb. 1508, st. 1588) die Schwächen der aristotelischen Physik, auch verwies Franciscus Bacon [1] von Verulam (geb. 1560, st. 1626) auf die Erfahrung als einzige lautere Quelle für das Studium der Naturgesetze, allein es war dem groſsen Geiste Galilei's vorbehalten, diesen Weg zu betreten und mit unwiderstehlicher Gewalt zu verfolgen. Er selbst und seine Schüler standen unter sich und mit auswärtigen Gelehrten in Verbindung, und die vereinten, zugleich durch gegenseitigen Wetteifer angeregten, Bemühungen vermochten dasjenige auszurichten, was bis dahin durch die Anstrengung einzelner unerreichbar geblieben war, in welcher Beziehung sich der Pater Marinus Mersenne (geb. 1588, st. 1648) durch seinen ausgebreiteten Briefwechsel groſses Verdienst erwarb. Der eigentliche Verbesserer der gesammten mechanischen Physik war aber der die Epoche bezeichnende Galileo de Galilei aus Pisa (geb. 1564, st. 1642), in dessen Zeit die Erfindung des Fernrohrs (vor 1600, von ihm selber um 1610), des Mikroskops und des Barometers (1645) fällt.

Keppler und Galilei legten mit ihren Schülern eine unerschütterliche Grundlage, für Astronomie und Physik durch Ausrottung tief gewurzelter Irrthümer und Feststellung richtiger Thatsachen, die sie in ein mathematisches Gewand kleideten, so daſs nach ihnen der unübertroffene Newton den ganzen Bau in seinen wesentlichen Theilen vollenden konnte; zu gleicher Zeit aber blieb auch die Speculation, die Naturphilosophie, mit ihren Hypothesen und mit der Bildung von Theorieen aus diesen und aus Erfahrungen nicht zurück, was im Ganzen sehr vortheilhaft wirkte. Renatus Cartesius (René Descartes) aus la Haye in Touraine (geb. 1596, st. 1650) steht an der Spitze dieser Schule, ist zugleich als Wiederbegründer des philosophi-

---

1 Franc. Baconis de Verulamio scripta in naturali et universa philosophia. Amst. 1653. 12. edit. S. A. Arnoldi. Lips. 1694. fol. The philosophical works of Francis Bacon methodized and made english by Peter Shaw. Lond. 1733. III. T. 4.

Digitized by Google

schen Studiums berühmt und leistete trotz seiner nicht zu verkennenden Eitelkeit unglaublich viel, insbesondere durch die Verbindung der Philosophie mit Physik und die Benutzung der Mathematik für beide, wozu noch die Anregung kommt, welche aus seiner hohen Achtung bei seinen Zeitgenossen namentlich in Frankreich entsprang. Merkwürdig ist, daſs die Philosophie bei diesem ihren Erwachen sich sofort in die dunkeln Gebiete des Pantheismus und Skepticismus verirrte, in welcher Beziehung Baruch Spinoza aus Amsterdam (geb. 1632, st. 1677), Nicolaus Malebranche (geb. 1638, st. 1715) und der geistreiche David Hume (geb. 1711, st. 1776) a's Führer zu nennen sind. Wir können jedoch den Gang der speculativen Philosophie, welche die Physik mehr oder minder in ihr Gebiet zog, im Einzelnen nicht weiter verfolgen, und es mag daher genügen, bloſs die Hauptführer namhaft zu machen, worunter hauptsächlich Gottfried Wilhelm von Leibnitz aus Leipzig (geb. 1646, st. 1716), Cristian Wolf aus Breslau (geb. 1679, st. 1754) und Alexander G. Baumgarten (geb. 1744, st. 1818) gehören, bis mit Immanuel Kant namentlich in Deutschland die neueste Periode der Verbindung von Philosophie mit Physik beginnt [1].

Die Naturlehre, durch Galilei und seine Schüler neu begründet, erhielt eine bedeutende Erweiterung durch Huygens, namentlich durch dessen Erfindung des Pendels und die Anwendung desselben zur richtigen Zeitmessung. Eine ganz neue Periode beginnt aber mit Isaak Newton aus Woolstrope (geb. 1642, st. 1727) durch Begründung der bis zu den neuesten Zeiten beibehaltenen *empirisch-mathematischen* Methode der Naturforschung, worin nach genau einem Jahrhunderte La Place (st. 1827) als sein gewiegtester Nachfolger genannt werden kann. Newton bearbeitete auſser der Astronomie vorzugsweise den mechanischen Theil der Physik und begründete die Optik, in Beziehung auf die übrigen Zweige aber finden sich bei ihm nur Andeutungen. Als Erweiterer der von ihm gegebenen Grundlage verdienen hauptsächlich Wilhelm Jacob s'Gravesande aus Bois-le-Duc (geb. 1688, st. 1742), Johann Theo-

1 Daſs dem letzteren eigentlich Roger Joseph Boscovich (st. 1787) in seinem naturphilosophischen Systeme voranging, aber in Deutschland zu wenig beachtet wurde, ist im Art. *Materie* nachgewiesen.

Digitized by Google

philus Desaguliers aus Rochelle (geb. 1683, st. um 1775), Peter van Musschenbroek aus Utrecht (geb. um 1700, st. 1761) und Christian Wolf genannt zu werden. Unter diesen bebeitete Musschenbroek das ganze Gebiet der Naturlehre im weitesten Umfange und gewann hierdurch dieser Wissenschaft eine Menge Verehrer, wie denn auch der reiche Schatz der durch ihn mitgetheilten Thatsachen die Hauptgrundlage der meisten Werke über die Physik bildet, welche im achtzehnten Jahrhunderte erschienen sind. Einzelne ausgezeichnete Männer, als Otto von Guericke (geb. 1602, st. 1686), Robert Boyle (geb. 1626, st. 1691), Robert Hooke (geb. 1635, st. 1702), Johann Christoph Sturm aus Hippolstein (geb. 1635, st. 1703), Caspar Schott aus Königshofen (geb. 1608, st. 1666) und Edmund Mariotte (st. 1684) werden gelegentlich bei der Angabe ihrer Leistungen erwähnt. Es scheint mir gleichfalls unnöthig, die Erweiterer einzelner Fächer der Physik, z. B. Benjamin Franklin für die Elektricitätslehre, namhaft aufzuführen, weil sie ohnehin sattsam bekannt sind, und es genügt daher, den Gang der Wissenschaft im achtzehnten Jahrhunderte nur allgemein zu bezeichnen.

Newton's Naturphilosophie fand zwar eine Menge enthusiastische Verehrer, aber auch viele Gegner, was zu ihrer höhern Achtung und festern Begründung nicht anders als vortheilhaft wirken konnte, nachdem ein Hauptpunct in derselben, das Gesetz der allgemeinen Schwere, durch die groſsartigen Gradmessungen seit 1738 volle Bestätigung erhielt. Aber erst eine geraume Zeit nachher wurde der von ihm bei seinen optischen Untersuchungen betretene Weg, Erfahrungen zum Grunde zu legen und deren Resultate durch Hülfe der Mathematik zu allgemeinen Gesetzen zu erheben, allgemein als der einzig richtige betrachtet, worin Lavoisier und Laplace als classische Vorgänger und Muster zu betrachten sind. Zugleich erstand durch das wiederbelebte Studium der Chemie, worin sich J. Black (geb. 1728, st. 1792), C. W. Scheele (geb. 1742, st. 1786), J. Priestley (geb. 1733, st. 1804), H. Cavendish (um 1788) und insbesondere Anton Laurentius Lavoisier (geb. 1743, st. 1794) vorzüglich auszeichneten, der Physik eine unschätzbare Hülfswissenschaft. Ohne daher die vielen Beförderer der Naturkunde aus der neuesten Zeit einzeln namhaft zu machen, will ich nur bemerken, daſs die newton'sche Methode, verbessert

Digitized by Google

durch die Hülfsmittel der hoch gesteigerten Technik, überall bis auf die neuesten Zeiten beibehalten worden ist und ganz unerwartet reiche Früchte getragen hat. Bloſs in Deutschland wurde dieser einfache Gang einer ruhigen Forschung einige Zeit hindurch unterbrochen, indem man der vieljährigen Erfahrung zuwider die Wissenschaft leichter und besser durch Speculation zu fördern hoffte. Die Anhänger dieser Schule nannten sich *Naturphilosophen* und den Inbegriff der zu untersuchenden Gegenstände *Naturphilosophie*, die nach ihrer Ansicht das ganze Gebiet der menschlichen Kenntnisse umfassen und namentlich alle Erscheinungen und Gesetze der Natur aus einem einzigen höchsten, in und durch sich selbst erwiesenen Grundsatze ableiten sollte. Die Unmöglichkeit einer solchen Aufgabe geht aus ihr selbst hervor, folgt mit Nothwendigkeit aus der eigentlichen Würdigung der Physik, selbst wenn man hierzu bloſs dasjenige benutzen wollte, was über dieselbe in diesem Artikel kurz gesagt worden ist, und zeigt sich auf das bestimmteste in dem später nicht zu verkennenden Erfolge, indem die Naturlehre bei den bedeutenden Erweiterungen derselben durch die Ausländer in Deutschland zu einem mystischen Spiele mit unbekannten Kräften, unter denen *Dehnkraft* und *Ziehkraft* eine vorzügliche Rolle spielten, zu hochtrabend klingenden, aber nichts sagenden Phrasen aus unbestimmten und unklaren Worten, als *Polarität*, *Differenzirung*, *Potenzirung* u. s. w., und endlich zum eigentlichen Aberglauben an Wunderkräfte[1] der *Wünschelruthe*, der *Schwefelkiespendel*, des *Wasserfühlens* u. s. w. überging.

Künftige Forscher der Literärgeschichte werden es kaum begreiflich finden, daſs eine so ernsthafte und allgemein so gründlich forschende Nation sich auf diese Weise verirren konnte, allein die Ursachen lassen sich füglich nachweisen. Die Ausländer, namentlich die Engländer und Franzosen, mit denen die Deutschen stets wetteiferten, hatten schon früher mit weit gröſseren und ausgedehnteren Hülfsmitteln gearbeitet, als den auf die Kräfte kleinerer Staaten beschränkten deutschen Gelehrten zu Gebote standen. Plötzlich aber brachte die französische Revolution es mit sich, daſs die dortigen Machthaber an die gelehrten Naturforscher ihrer im höchsten Grade aufgeregten

1 Vergl. *Kraft* Bd. V. S. 1011.

Digitized by Google

Nation die dringendsten Ansprüche machten, durch Förderung der Mechanik, Chemie, Technik und Industrie neue Hülfsquellen für den von allen Seiten bedrängten Staat zu eröffnen; es erfolgten in Frankreich und England die schon früher so bedeutend gewordenen riesenmäſsigen Gradmessungen, und in allen Zweigen der Schifffahrt, Kriegskunst und des Maschinenwesens wurde mit gröſstem Eifer gearbeitet, nicht zu gedenken, daſs Frankreich es als nationale Ehrensache betrachtete, in den Wissenschaften andern Völkern als Muster voranzugehn. In Deutschland fehlten alle diese Impulse und die ihnen angemessenen Hülfsmittel, seine Gelehrten wandten sich daher zur Speculation in der Voraussetzung, hierdurch es den Nachbarn gleich zu thun oder sie wohl gar noch zu übertreffen. Hierzu kam dann noch der Umstand, daſs der groſse Reformator der Philosophie, Immanuel Kant aus Königsberg (geb. 1724, st. 1804), welcher theils durch den reellen Inhalt seiner Lehre, theils durch die dreiste Kraft seiner imponirenden Rede und die groſse Zahl seiner Anhänger über alle seine Gegner triumphirte, das Wesen der Materie und somit also der Grundlage der gesammten Natur aus ihr selbst, oder aus unserem Begriffe von derselben, erklärt zu haben wähnte, wodurch er Begründer des *Idealismus* wurde, und seine Nachfolger zu ähnlichen Versuchen ermunterte. Inwiefern diese sämmtlichen Versuche, die materielle Grundlage der gesammten Natur durch Speculation zu erforschen, ohne Erfolg geblieben sind, ist bereits an einem andern Orte [1] gezeigt worden, Winterl's Verirrungen in der vermeintlichen Auffindung neuer allgemein verbreiteter Grundstoffe, namentlich der *Andronia* und *Thelyke*, mit deren Einführung in das System er zugleich den Gebrauch mystischer Ausdrücke verband, verdienen nur eine gelegentliche Erwähnung [2], die verschiede-

---

1 S. *Materie* Bd. VI. Abth. 2.

2 Winterl's erste Schrift war: *Prolusiones ad chemiam seculi decimi noni.* Budae 1800. Seine Sätze fanden in Deutschland groſsen Beifall, weil sie der damals herrschenden Naturphilosophie angemessen waren, aber nur wenige Chemiker glaubten die vermeintliche *Andronia* dargestellt zu haben. Das französische National-Institut übertrug die Prüfung dem Guyton de Morveau, welcher diese mit Gründlichkeit anstellte und ein verwerfendes Urtheil mit eben so viel Sachkenntniſs als Bescheidenheit aussprach. Ann. de Chim. XV. 496. Winterl gab nachher heraus: *Accessiones novae ad Prolusionem suam*

nen Syſteme ſelbſt aber ihrem weſentlichen Inhalte nach mitzutheilen, würde überflüſſig ſeyn, da ſie künftig nur als etwas der eigentlichen Phyſik Fremdartiges und ihr widernatürlich Aufgedrungenes erſcheinen können. Veranlaſſer des Emporkommens der naturphiloſophiſchen Schule, obgleich nicht ſelbſt Gründer oder Anhänger der erſt ſpäter ſogenannten Naturphiloſophie, war Immanuel Kant dadurch, daſs er das Weſen der Materie, aus Begriffen abgeleitet, feſtſetzte[1]; viel weiter im Idealiſmus ging Fichte, noch weiter Schelling nebſt ſeinen Schülern Ritter, Steffens und Oken, endlich Hegel, mit welchem die Naturphiloſophie in Beziehung auf Phyſik ihr Ende erreicht zu haben ſcheint[2].

---

primam et secundam. Budae 1803, ſein ganzes Syſtem aber iſt enthalten in Joh. Jac. Winterl's, Prof. der Chemie und Botanik zu Peſth, Darſtellung der vier Beſtandtheile der anorganiſchen Natur; aus dem Latein überſetzt von Dr. Schuster. Jen. 1804. Nach der gründlichen Widerlegung durch Guyton wurde die Sache bald vergeſſen.

1 Metaphyſiſche Anfangsgründe der Naturwiſſenſchaft. Die 3te Aufl. von 1800.

2 Daſs die Naturphiloſophie in Deutſchland ſo weit verbreitet wurde, lag nicht ſo wohl ausſchlieſslich in dem Werthe des durch Kant aufgeſtellten Syſtems, als vielmehr zugleich darin, daſs die neue Philoſophie ſelbſt faſt gänzlich in das Gebiet der Phantaſie überging und bei jungen Männern Anklang fand, die dann nicht bloſs, ohne groſse Anſtrengung auf die Erwerbung reeller Kenntniſſe zu verwenden, neue Ideen aufzuſtellen und ganze Syſteme zu ſchaffen vermochten, ſondern durch ihre oft wiederholten vereinten Stimmen den Glauben herbeiführten, daſs die eigentliche Schärfe des Verſtandes ſich nur in dieſer Philoſophie zeige, deren Hauptcharakter darin beſtand, unbeſtimmte, in ganz ungewöhnlicher Bedeutung gebrauchte Worte zu hohl klingenden Phraſen zuſammenzuweben; insbeſondere aber wirkte die bis dahin ungewohnte Dreiſtigkeit in der Aufſtellung von Sätzen ohne genügenden Beweis, und die allgemeine Verfolgung, welche jedem drohte, der nach letzterem zu fragen ſich nur erkühnte, weil die Autorität des Ausſpruchs der Koryphäen ſchon für genügend gelten ſollte. H. F. Link (über Naturphiloſophie. Leipz. u. Roſtock 1806. S. 122) ſagt in dieſer Beziehung: „Daſs die Erfinder und Anhänger der philoſophiſchen Syſteme, welche alles zu erklären glauben, abſprechend und ſtolz ſind, iſt begreiflich. Einſeitigkeit iſt die Quelle jener Syſteme und der einſeitige, beſchränkte Mann iſt ſtolz und unbiegſam. Wer eine Erfahrung macht, kann ruhig erwarten, daſs andere ſie ebenfalls machen, er weiſt ſie ihnen nur nach. Aber dem Schöpfer ſolcher Syſteme flüſtert heimlich das Gewiſſen die Nichtig-

Digitized by Google

Literatur der Physik.

Ein auf gröſsere Vollständigkeit Ansprüche machendes, bis auf die neuesten Zeiten herabgehendes Werk über die Literatur

---

keit seiner Speculationen zu; er sucht nun durch Trotz andere und sich selbst zu betäuben.“ Daſs es damals gefährlich war, sich der herrschenden Schule zu widersetzen, zeigt Link an dem Beispiele Ritter's, indem er sagt: „Sein Meister, Schelling, hat ihn von sich gewiesen, weil er das Tribunal der Erfahrung für höher hielt, als die Aussprüche des Idealismus, und von diesen an gewöhnliche Untersassen appellirte. Er hat in seiner derben Kraftsprache von Ritter's empirischer Ledernheit geredet und über dessen Bombast gelacht.“ Hauptgegner dieser Schule war Gilbert, indem er sich nicht nur selbst beharrlich dagegen erklärte, sondern auch die reellen Erweiterungen der Wissenschaft durch einige sowohl inländische als hauptsächlich die sämmtlichen berühmtesten ausländischen Physiker und die hierbei angewandte zweckmäſsige Methode bekannt machte. Seine gegenwärtig durch Poggendorff mit groſser Sachkenntniſs fortgesetzten trefflichen Annalen der Physik sind sowohl an sich, als auch besonders in dieser Beziehung von groſser Wichtigkeit. In diesen befindet sich auch Bd. XX. S. 417 ff. die harte Kritik der damaligen Naturphilosophie durch Chenevix aus den Ann. de Chimie. T. L. p. 173 ff. und den Phil. Trans. 1804. P. II. Es sind darin eine Menge einzelne Sätze zur Bezeichnung des Gehaltes des Ganzen wörtlich mitgetheilt, die als Beispiel der Verirrungen des menschlichen Verstandes auch künftigen Zeiten zur Warnung aufbewahrt zu werden verdienen. Unter andern heiſst es: „Würde alle + und — Materie und mithin das ganze Universum zusammenaddirt, so würde die Summe *Null* seyn. Der Kreis ist das Symbol des Seyns, die Ellipse des Werdens. Der Beweis hiervon findet sich schon bei Keppler. Die Baukunst ist eine gefrorne Musik. Die Götter der Mythologie waren geistige, organische, vollendete Krystallisationen. Die Reproductionskraft ist die Diagonale im Winkel der Irritation. Das Universum ist ein Magnet, der nach dem Idealismus inklinirt. Das Universum ist ein solidifirter Gott. Wärmestoff = Schwere. Nicht die Anziehung ist die Ursache, daſs unsere Antipoden nicht von der Erdkugel in den Weltraum herabfallen, sondern die Relativität u. s. w.“ Diese und einige andere nachtheilige Aeuſserungen der Ausländer machten den deutschen Physikern Muth, sich offen und dreist gegen diese Art der Naturphilosophie zu erklären. Namentlich erschien neben andern früheren satyrischen Angriffen im Jahre 1821 eine in den Kunstausdrücken der Schule abgefaſste persiflirende Ankündigung des ganzen Systems und allmälig zog sich der Idealismus von der Uebermacht der Erfahrung aus der Naturkunde in das Gebiet der speculativen Philosophie zurück, indem einige spätere Versuche dieser Art unbeachtet blieben.

Digitized by Google

der Physik, sowohl der inländischen als auch der ausländischen, fehlt noch, obgleich ein solches in manchen Fällen von Nutzen und vielen Gelehrten willkommen seyn würde. Die Ursache dieses Mangels liegt hauptsächlich darin, daſs die werthvollsten Materialien dieser Wissenschaft in den vielen Zeitschriften und Abhandlungen der gelehrten Gesellschaften zerstreut sind. Obgleich mit dem Gegenstande ziemlich vertraut fühle ich mich doch auſser Stande, eine vollständige Uebersicht der Literatur mitzutheilen, und glaube zugleich, daſs eine solche für die Bestimmung dieses Werks zu vielen Raum einnehmen würde, abgerechnet, daſs das hinzuzufügende Namenregister das Auffinden der meisten, mindestens der bedeutendsten Werke und Abhandlungen möglich machen wird, und ich begnüge mich daher mit einer kurzen Angabe der bekanntesten Werke und Sammlungen, ohne einzelne Abhandlungen namhaft zu machen[1].

A. Zur Literatur gehörige Werke.

J. B. v. Rohr, physikal. Bibliothek. Leipz. 1754. 8.

J. Christ. Polyk. Erxleben, physical. Bibliothek. Gött. 1775—1779. IV. vol. 8.

Biblioteca fisica di Europa, di L. Brugnatelli. Pavia. T. I—XX. 8.

Hermbstädt Bibliothek der neuesten physischen, chemischen u. s. w. Literatur. Berlin seit 1788. 8.

W. T. Krug's enzyklopädisches Handbuch d. Lit., die enzyklopädisch-physikalische Literatur von E. F. Wrede und F. B. Weber. Leipz. 1806. 8. Desselben enzyklopädisch-mathemat. Literatur verfaſst von E. F. Wrede. 1812. 8.

Th. Young course of lectures on natural philosophy and mechanical arts. Lond. 1807. T. II., welcher eine sehr vollständige Literatur enthält.

Allgemeines Repertorium der Literatur für die Jahre 1785—95. 10te Abth., phys. naturhist. Literatur. Weimar 1799.

---

1 Die meisten der folgenden Angaben sind genau und gründen sich auf Autopsie, einige dagegen sind minder genau und vollständig. Manche Werke habe ich zwar gesehn und benutzt, kann aber die Titel nicht mit Bestimmtheit angeben, und eben so kenne ich einzelne Hefte von Zeitschriften, aber nicht ihren ganzen Umfang. Die hieraus entstehenden Mängel werden eine billige Entschuldigung finden.

Digitized by Google

J. S. Ersch Literatur der Mathematik, Natur- und Gewerbs-Kunde. Amst. u. Leipz. 1813. Neue Aufl. 1828. gr. 8.

J. D. Reuſs Repertorium comment. a Soc. lit. edit. secundum disciplinarum ordinem cet. Sci. nat. T. IV. Gott. 1805. 4.

B. Lehrbücher.

Mar. Mersenni Cogitata physico-mathematica. Par. 1644—47. III T. 4.

Dan. Sennerti philosophia naturalis. Witeb. 1618. 4. Epitome naturalis scientiae. Amst. 1651. 12.

Claubergii Physica. Amstel. 1664. 4.

Galileo Galilei Opere. Bol. 1656—58. II T. 4. Milano 1808. XIII T. 8. (Diese Ausgabe ist die vollständigste).

Ren. Cartesii opera omnia. Amstel. 1692. IX vol. 4. Oeuvres. Par. 1668. V T. 4.

Rob. Boyle's Works. Lond. 1665. V vol. fol.

G. Bt. Riccioli Argomento physico-math. Bol. 1668. 4.

Hugenii opera varia, a s'Gravesande. Lugd. 1724. IV T. 4.

Hugenii opera reliqua. Amst. 1728. II vol. 4.

Hooke's posthumous works. Lond. 1705. fol.

Mariotte Oeuvres. Leyden 1717. II vol. 4.

Jaq. Rohault Traité de physique. Par. 1673. II vol. 12. edit. Clarkii. Lond. 1711 u. 1729. II T. 8.

J. Bapt. Duhamel philosophia vetus et nova. Paris 1681. 4.

Christoph. Sturm physica electiva seu hypothetica. Norimb. 1697—1722. II T. 4.

— — Collegium experimentale seu curiosum. Norimb. 1676—1685. II T. 4.

Casp. Schott Magia universalis naturae et artis cet. Herbip. 1657—59. IV T. 4.

— — Physica curiosa, sive mirabilia naturae et artis. Herbip. 1662. 1667 u. 1697. II T. 4.

Wolferd. Senguerdi philosophia naturalis. L. B. 1685. 4.

Is. Newton philosophiae naturalis principia mathematica. Lond. 1687. Perpet. comm. illustrata studio PP. Thom. le Seur et Franc. Jacquier. Genevae 1739. III T. 4. vermehrter 1750. IV T. 4. Illustrata commentationibus potissimum Joannis Tessanek. Pragae 1780 u. 1783. II T. 4. (den meisten ist nur T. I. bekannt.)

Joh. Keilii introductio ad veram physicam et veram astronomiam Oxon. 1708. Lond. 1719. Lugd. Bat. 1739. 4.

— — introductiones ad veram physicam et astron. cet. Oxon. 1705. 8. u. 1739. 4.

J. Theoph. Desaguliers course of experimental philosophy. Lond. 1717. 1745. II vol. 4.

— — Cours de physique expérimentale. Traduit de l'Anglais par Pezenas. Par. 1751. II vol. 4.

Ant. Parent Recherches de Mathématique et de Physique. Par. 1705. 2me édit. Par. 1713. 12.

Hawksbee's expériments on Mechanics, pneumatics and optics. Lond. 1709. 4.

Pet. van Musschenbroek Institutiones physicae. Lugd. Bat. 1748. 8.

— — Introductio ad philosophiam naturalem. L. B. 1762. II T. 4.

— — Cours de physique expérimentale et mathématique; traduit par Sigaud de la Fond. A Leyde 1769. III T. 4. I T. Kupfer. (Das vollständigste seiner Werke.)

— — Epitome elementorum physico-math. L. B. 1726. 8.

Guil. Jac. s'Gravesande physices elementa mathematica, experimentis confirmata. Leidae 1719. 1742. 1744. ed. quarta 1748. II T. 4.

— — Philosophiae Newtonianae Institutiones. Vind. 1760. 8.

Christ. Wolf's nützliche Versuche zur genaueren Kenntniſs der Natur und Kunst. Halle 1721—23. III Th. 8.

H. F. Teichmeyeri elementa philosophiae naturalis experimentalis. Jen. 1733. 4.

Moreau de Maupertuis Oeuvres math. physiques, philos. Dresd. 1752. 4. (Oeuvres. Lyon 1768. IV T. 8.)

Georgii Erh. Hambergeri elementa physices cet. Jen. 1727. ed. sec. 1735. ed. tert. 1741. 8.

M. l'Abbé Nollet Leçons de physique expérimentale. Par. 1743—1750. VI T. 8. deutsch Erfurt 1749—1764. VI Th. 8.

— — l'Art des expériences. Par. 1770. III T. 8. deutsch Leipz. 1771. III Th. 8.

Para du Phanjas Élémens de physique. Par. I T. 8.

— — Théorie des êtres sensibles, ou Cours complet de physique. Par. 1772. IV T. 8.

Joh. And. Segner's Einleitung in die Naturlehre. Gött. 1746. 1754. 1770. 8.

Digitized by Google

J. G. Krüger's Naturlehre. Halle 1750. 8.

G. W. Kraftii praelectiones in physicam theoreticam. Tub. 1750. In physicae part. mechanicas. 1751. In phys. part. opticas et his cognatas. Tub. 1754—1765. III T. 8.

J. P. Eberhard's erste Gründe der Naturlehre. Halle 1752. 5te Aufl. Ebend. 1787. 8.

— — Sammlung der ausgemachten Wahrheiten in der Naturlehre. Halle 1755. 8.

J. P. de Molieres Leçons de Physique cet. Par. 1755. VI T. 12.

Joh. Heinr. Winkler's Anfangsgründe der Physik. Leipz. 1754. 8.

P. Regnault Entretiens physiques. 7me éd. Par. 1745. V T. 8.

Sigaud de la Fond Leçons de physique expérimentale. Par. 1767. II T. 8.

— — Description et usage d'un cabinet de physique expér. Par. 1775. II T. 8.

— — Élémens de physique théorique et expérimentale. Par. 1777. IV T. 8.

Guyot nouvelles récréations physiques et math. Par. 1770—77. VII T. 8. Neueste Aufl. Par. 1810. III T. 8. deutsch Augsb. 1772—77. VII T. 8.

M. l'Abbé Sauri Cours de physique expérimentale et théorique. Par. 1777. IV T. 8.

P. Mako compendiaria physicae institutio cet. Vindob. 1762. II T. 8.

Car. Scherffer institutiones physicae cet. Vindob. 1763. II T. 8.

(L. Euler) Lettres à une princesse d'Allemagne cet. Mitau 1770—74. III T. 8. Nouvelle éd. avec des additions par MM. le Marquis de Condorcet et de Lacroix. Par. 1787 u. 88. II T. 8. Deutsch mit Zusätzen von Kries. Leipz. 1792. III T. 8.

Ad. Alb. Hamberger's Allgemeine Experimentalnaturlehre. Jen. 1784. 8.

Joh. Beckmann Grundriſs zu Vorlesungen über die Naturlehre. 2te Aufl. Gött. 1785. 8.

Joh. Jac. Ebert Kurze Unterweisung und Anfangsgründe der Naturlehre. Leipz. 1775. 8.

Matth. Gabler's Naturlehre. München 1778. IV T. 8.

Maler's Physik oder Naturlehre. Carlsruhe 1767. 8.

Digitized by Google

Joh. Lor. Boeckmann's Naturlehre oder die gänzlich umgearbeitete Maler'sche Physik. Carlsr. 1775.

J. Elliot's Anfangsgründe derjenigen Theile der Naturlehre, welche mit der Arzneiwissenschaft in Verbindung stehn. A. d. Franz. von Bertram. Leipz. 1784. 8.

J. C. Heppe Lehrbuch einer Experimentalnaturlehre für junge Personen und Kinder. Gotha 1788. II Th. 8.

J. Chr. Polyk. Erxleben Anfangsgründe der Naturlehre. Gött. 1772. 1777. Mit Verbesserungen und vielen Zusätzen von Lichtenberg. Gött. 1784. 1787. 1791. 1794. Ins Dänische übers. von Oluſsen. Kopenh. 1790.

Gli. Gamauf Erinnerungen aus Lichtenberg's Vorlesungen über Erxleben's Anfangsgründe der Naturl. Wien 1811 u. 1812. III Th. 8.

J. H. van Swinden Positiones physicae cet. Harderovici Gelvorum. 1786. II T. 8.

Pankl Compendium institutionum physicarum in usum auditorum. Presb. 1779. Posomi 1793. III T. 8.

W. J. G. Karsten Anfangsgründe der Naturlehre. Halle 1780. 8. 2te Aufl. von F. A. C. Gren. 1790. 8.

— — Anleitung zur gemeinnützigen Kenntniſs der Natur. Halle 1783. 8.

— — Kurzer Entwurf der Naturwissenschaft, vornehmlich ihres chymisch-mineralogischen Theils. Halle 1785. 8.

F. A. Achard Vorlesungen über Experimentalphysik. Berlin 1791—93. IV Th. 8.

T. G. Kratzenstein Vorlesungen über die Experimentalphysik. Kopenh. 1787. 8.

B. Merrem kurzer Entwurf der Naturlehre für meine Zuhörer. Duisb. 1786. 8.

J. L. Schurer Élémens de physique en forme de Tables. Strasb. 1786. 8.

G. Rothe Begriff der Naturlehre. Bresl. 1785. 8.

Marcus Herz Grundlage zu meinen Vorlesungen über Experimentalphysik. Berlin 1787.

J. C. Fischer Anfangsgründe der Physik in ihrem mathematischen und chemischen Theile nach den neuesten Entdeckungen. Jena 1797. 8.

Fontana disquisitiones physico-mathematicae. Papiae 1780. Lips. 1790. 4.

Digitized by Google

J. A. Schmerler Vorlesungen über die Naturlehre. Nürnberg 1792. 8.

Ch. Schulz Handbuch der Physik, für diejenigen, welche Freunde der Natur sind u. s. w. Leipz. 1790—93. VI Th. 4.

C. P. Funke Handbuch der Physik für Schullehrer und Freunde dieser Wissenschaft. Braunschw. 1797. 8.

W. Nicholson's Einleitung in die Naturlehre. A. d. Engl. von A. F. Lüdicke. Leipz. 1787. II Th. 8.

J. B. Hobert Grundriſs des mathemat. und chemisch-mineral. Theils der Naturlehre. Berlin 1789. 8.

G. A. Daezel Lehrbegriff der gesammten neuesten Naturlehre. München 1790. 8.

F. A. C. Gren Grundriſs der Naturlehre zum Gebrauch akad. Vorlesungen. Halle 1788. 8. 4te Aufl. von Karsten. 1801. 5te Aufl. von E. G. Fischer. 1808. 6te Aufl. von Kastner. 1820.

G. S. Klügel's Anfangsgründe der Naturlehre. Von dessen Encyklopädie Th. II. Berlin 1792.

J. G. W. Mayer's Naturlehre für die Jugend. 1ster Bd. Nürnberg 1791. 8.

M. Hube Vollständiger und faſslicher Unterricht in der Naturlehre. In einer Reihe von Briefen an einen Herrn von Stande. Leipz. 1793 u. 94. III Th. 8. Neue Aufl. 1801. IV Th. 8.

G. Gregory's Haushaltung der Natur; dargestellt nach den neueren Entdeckungen und Versuchen. A. d. Engl. von Kühn, herausgeg. von C. F. Michaelis. Nürnb. 1798 u. 1800. II Th. 8.

P. Max Imhof Epitome institutionum physices et mathes. appl. München 1792.

— — Grundriſs der öffentl. Vorlesungen über Experimentalnaturlehre. München 1794 u. 95. II Th. 8.

— — Institutiones physicae, quas in usum auditorum suorum elucubravit. Mon. 1797.

— — Anleitung zur Naturlehre. A. d. Lat. von Prändel. Amb. 1804. 8.

A. W. Hauch's Begyndelses Grunde til Naturlären. Kiöb. 1794. 8.

— — Anfangsgründe der Naturlehre. A. d. Dänischen übers. von J. C. Tode. Kopenh. und Leipzig 1795. II Th. 8.

— — Anfangsgründe der Experimentalphysik. Von Tobiesen. Schlesw. 1795.

Digitized by Google

R. Sullivan's Uebersicht der Natur in Briefen an einen Reisenden. A. d. Engl. Leipz. 1795 u. 96. II Th. 8.

J. C. Yelin Lehrbuch der Naturlehre. Ansbach 1796. 8.

J. C. W. Nicolai Experimentalnaturlehre für Gymnasien und höhere Lehranstalten u. s. w. Leipzig 1788. 2te Aufl. 1797.

C. H. Pfaff Aphorismen über die Experimentalphysik. Kopenh. 1800.

Fr. Link Grundriſs d. Physik für Vorlesungen. Hamb. 1798. 8.

E. F. Wrede Kurzer Entwurf der Naturwissenschaft für den ersten systematischen Unterricht. Berlin 1801. II Th. 8.

J. T. Mayer Anfangsgründe der Naturlehre. Gött. 1801. 1805. 1812. 1820. 1823. 6te Aufl. 1827. 8.

J. Weber Vorlesungen aus der Naturlehre. Landsh. 1793. 8. Physik als Wissenschaft oder die Dynamik der gesammten Natur. Ebend. 1819. Physik als Wissenschaft in Sätzen. Ebend. 1820. 8.

J. G. F. Schrader's Grundriſs der Experimentalnaturlehre. Hamb. 1797. Neue Aufl. von L. W. Gilbert. 1804.

Tib. Cavallo ausführliches Handbuch der Experimentalnaturlehre in ihren reinen und angewandten Theilen. Uebers. mit Anmerk. von J. B. Trommsdorff. Erf. 1804—1806. IV Th. 8.

J. K. P. Grimm Grundriſs der Experimentalphysik. Breslau 1800. 8.

— — Das Wissenswürdigste aus der Physik. Liegnitz und Leipzig 1803.

G. U. A. Vieth Anfangsgründe der Naturlehre. Leipz. 1797. 5te Aufl. 1823. 8.

J. H. M. Poppe Handbuch der Experimentalphysik u. s. w. Hann. 1809. 2te Aufl. 1826. 8.

R. J. Hauy traité élémentaire de physique etc. 2me éd. Par. 1806. II T. 8. 3me éd. 1821. deutsch von Weiſs. Leipzig 1805. 8. von Blumhof. Weimar 1804. 8.

C. W. Boeckmann's Entwurf eines Leitfadens zum Gebrauche bei Vorlesungen über die Naturlehre. Carlsr. 1805. 2te Aufl. 1813. 8.

E. G. Fischer Lehrbuch d. mechanischen Naturlehre. Berlin u. Leipz. 1805. II Th. 8. 2te Aufl. 1819. 3te Aufl. Berl. 1827. Ins Franz. übers. von Biot. Par. 1806. 1812 u. 1819.

— — mechanische Naturlehre im Auszuge für den höheren

Digitized by Google

Schulunterricht. (Aeltere Ausg. vom Verf., neuere von August) Berlin 1829.

Ch. Bernoulli Grundzüge der Experimentalphysik, oder method. Leitfaden für den ersten physik. Unterricht auf Schulen. Halle 1807. 8.

Rodig Naturlehre. Leipz. 1802. 8.

Fr. Kries Lehrbuch der Physik für gelehrte Schulen. Jena 1806. 1808. 1816. 1821. 8.

F. W. Snell Anfangsgründe der Naturlehre zum Gebrauch für Schulen. Gieſsen 1806.

Fr. Hildebrandt Anfangsgründe der dynamischen Naturlehre. Erlangen 1807. II Th. 8.

C. W. G. Kastner Grundriſs der Experimentalphysik. Heidelb. 1809 u. 10. 2te Aufl. 1820 u. 21. II Th. 8.

— — Grundzüge der Physik und Chemie u. s. w. Bonn 1821. 2te Aufl. Nürnb. 1831. 8.

J. B. Horvath Elementa physica. Ofen 1790—1791. 3te Aufl. 1793. I T. 4.

J. P. Neumann compendiaria physices institutio. Gracii 1808. II T. 8.

— — Lehrbuch der Physik. Wien 1818 u. 20. II Th. 8. Neue Aufl. 1831.

L. A. Jungnitz Grundriſs der Naturlehre. Breslau 1804 und 1805. III Th. 8.

G. G. Schmidt Handbuch der Naturlehre. 2te Aufl. Gieſsen 1813. II Th. 8. Zum Gebrauche für Vorlesungen und zum eignen Studium. Gieſsen 1826. I Th. 8.

L. J. D. Suckow Entwurf einer Naturlehre. 2te Aufl. Jena 1782.

G. A. Suckow Anfangsgründe der Physik und Chemie nach den neuesten Entdeckungen. Augsb. 1813. II Th. 8.

J. F. Fries Entwurf des Systems der theoretischen Physik, zum Gebrauche bei seinen Vorlesungen. Heidelb. 1813.

— — die mathematische Naturphilosophie nach philosophischer Methode bearbeitet. Heidelb. 1822. 8.

— — Lehrbuch der Naturlehre. Zum Gebrauch bei akademischen Vorlesungen. Jen. 1826. 8.

J. H. Helmuth Volksnaturlehre zur Dämpfung des Aberglaubens. 5te Aufl. Braunschw. 1803.

J. G. Süskind Handbuch der Naturlehre, enthaltend das Wissenswürdigste und Gemeinnützigste aus derselben. Stuttg. 1812.

Digitized by Google

Th. Friedleben populäre Experimentalphysik. Frankf. 1821 u. 23. II Th. 8.

J. Jos. Ign. Hoffmann Lehrbuch der allgemeinen Physik u. s. w. 1ster Th. Mainz 1822. 8.

A. F. Höpfner der kleine Physiker, oder Unterhaltungen über natürl. Dinge. Erfurt 1800—1806. VI Th. 8.

J. H. M. Poppe der physikalische Jugendfreund. 1ster Th. Frankf. 1811. 12.

G. H. E. Lippold Naturlehre für Kinder. 2te Aufl. Elberfeld 1818.

J. H. M. Poppe Neue und ausführliche Volksnaturlehre. Tübingen 1825.

G. F. Parrot Grundriſs der theoretischen Physik, zum Gebrauche für Vorlesungen. Riga und Leipzig 1809—1815. III Th. 8.

— — Entretiens sur la Physique. Dorpat 1819—28. VI T. 8.

T. Siber Anfangsgründe der Physik und angewandten Mathematik. 2te Ausg. Landsh. 1815. 8.

B. Scholz Anfangsgründe der Physik als Vorbereitung zum Studium der Chemie. Wien 1816. 2te Aufl. 1821. 3te Aufl. 1827. 8.

J. A. Donndorf Naturlehre in ihrem ganzen Umfange, alph. Quedlinb. 1825. 8.

J. B. Trommsdorff Grundriſs der Physik als Vorbereitung zum Studium der Chemie. Gotha 1817. 8.

C. Hallaschka Handbuch der Naturlehre. Prag 1824 u. 25. III Th. 8.

G. W. Muncke Anfangsgründe der Naturlehre. Heidelb. 1819 u. 20. II Th. 8.

— — Handbuch der Naturlehre. Heidelb. 1829 u. 30. II Th. 8.

— — die ersten Elemente der gesammten Naturlehre zum Gebrauche für höhere Schulen und Gymnasien. Heidelb. 1825. 1829. 3te Aufl. 1832. 8.

A. Baumgartner die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande, mit Rücksicht auf mathematische Begründung dargestellt. Wien 1824. 8. 2te Aufl. 1826. 3te Aufl. 1829. 4te Aufl. 1832. Supplementband 1830 u. 31. in 3 Lieferungen.

A. F. Straus Lehrbuch der besondern und angewandten Physik. Mainz 1824. 8.

H. A. Brettner Leitfaden für den Unterricht in der Physik

Digitized by Google

auf Gymnasien, Gewerbschulen und höheren Bürgerschulen. Bresl. 1832. 8.

Wagner Elementarnaturlehre nach den Grundsätzen der neuern Pädagogik für Seminarien und Volksschulen. Cöln 1827. 8.

W. W. Eckerle Naturlehre mit Rücksicht auf die aus Unkunde derselben entstehenden Volksirrthümer. Heidelb. 1820. Neue Aufl. 1831.

— — Kleine Naturlehre zur Anregung eines religiösen Gefühls. Heidelb. 1832.

K. C. Schneider Grundriſs der Gewerb-Naturlehre oder technischen Physik. Cassel 1829. 8.

V. Gouilloud Grundzüge der Physik, angewendet auf Künste und Gewerbe. A. d. Fr. v. L. H. A. Hoyer. Weim. 1828.

John Millington Grundriſs der theoretischen und Experimentalphysik. Aus d. Engl. Weimar 1825. 8.

H. W. Brandes Vorlesungen über die Naturlehre. Leipzig 1830—32. III Th. 8.

Marivez et Goussier Physique du monde. Par. 1780—1787. V T. 4.

B. G. Sage Institutions de Physique. Paris 1811. 12. IV T. 8.

— — Opuscules de physique. Par. 1813. 8.

Brisson Traité élémentaire ou principes de physique. Paris 1789. III T. 8.

A. Libes Traité complet et élémentaire de physique cet. Par. an X. 2me éd. III T. 8.

F. S. Beudant Essai d'un cours élémentaire et général des Sciences physiques. Partie physique. Par. 1816. 8. 3me éd. Par. 1824.

J. B. Biot Traité de physique expérimentale et mathématique. Par. 1816. IV T. 8.

— — Précis élémentaire de physique expérimentale. Par. 1817. 3me éd. Par. 1824. II T. 8. Deutsch von Wolf. Berlin 1819. Mit vielen Zusätzen von Fechner. Leipz. 1828 u. 29. V Th. 8.

Despretz Traité élémentaire de physique. Par. 1825. 2me éd. 1830. 8.

Pouillet Élémens de physique expérimentale et de météorologie. Par. 1828. 2me éd. 1831. II T. 8.

Gay-Lussac Cours de physique; recueilli et publié par Gosselin. Par. 1827 u. 28.

Digitized by Google

E. Péclet Traité élémentaire de physique. 2me éd. Par. 1830. II T. 8.

Caj. del Ricco Elementi di Fisica, Matematica. Flor. 1788. 8.

Elementi di Fisica sperimentale di Giuseppo Saverio Poli. Edit. tratta dalla sesta di Napoli cet. Venezia 1817. V T. 8.

Elementi di ſisica generale di A. Mozzoni, Professore di ſisica generale nell' J. R. Universita di Pavia. 4 ediz. Milano 1822. 8.

J. Rowning A compendious System of natural philosophy cet. Lond. 1738—44. VIII Hefte 8.

James Ferguson Lectures on select subjects. 7th ed. Lond. 1790. 8.

S. Vince A Plan of a course of Lectures on the principles of natural Philosophy. Lond. 1793. 8.

William Nicholson An Introduction to natural philosophy. 3d ed. Lond. 1790. II T. 8.

Tib. Cavallo Elements of natural philosophy. Lond. IV T. 8.

George Adams Lectures on natural and experimental philosophy. Lond. 1799. V T. 8.

— — Vorlesungen über die Experimentalphysik, nach ihrem gegenwärtigen Zustande; aus dem Engl. von Geiſsler. Leipz. 1798 u. 99. II T. 8.

John Robison A System of mechanical philosophy. With notes by David Brewster. Edinb. 1822. IV T. 8.

Thomas Young A course of lectures on natural philosophy and the mechanical arts. Lond. 1807. II T. 4.

John Playfair outlines of natural philosophy, being heads of lectures delivered in the university of Edinburgh. Lond. 1814 u. 1816. II T. 8. Der dritte Band ist nicht erschienen.

James Smith The Panorama of Science and Art. 9th ed. Lond. 1823. II T. 8.

John Leslie Elements of natural philosophy. Vol. I. including mechanics and hydrostatics. Edinb. 1823.

C. Encyklopädieen und Wörterbücher.

Systematische Darstellung aller Erfahrungen in der Naturlehre. Entworfen von J. R. Meyer, bearbeitet von mehreren Gelehrten. Aarau 1806. IV Th. 4. (Enthält bloſs einige sehr weitläuftige Abhandlungen und kann wegen seiner übermäſsig groſsen Anlage nicht fortgesetzt werden.)

Digitized by Google

Dictionnaire universel de Mathématique et de Physique cet. Par. 1749. II T. 4.

Dictionnaire de Physique portatif cet. par l'Auteur du grand dictionnaire de Phys. Par. et Avign. 1767. 8.

Brisson Dictionnaire raisonné de physique. Par. 1781. II T. 4. desgl. VI T. 8. mit Atlas in 4. Par. an VIII. (1800).

Dictionnaire de Physique, par MM. Monge, Cassini, Bertholon etc. de l'Academie des Sciences. Par. 1793. Enthält die Buchstaben A und B, wozu der zweite Band Supplemente liefert. Dieser und die folgenden haben den Titel: Encyclopédie méthodique. Physique, par MM. Monge, Cassini, Bertholon, Hassenfratz etc. T. II — T. IV. Paris 1816 — 1822. Im Ganzen IV T. 4. und II T. Kupfer.

A. Libes Nouveau Dictionnaire de Physique. Par. 1806. IV T. 8.

J. S. T. Gehler Physikalisches Wörterbuch oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre u. s. w. Leipz. 1787 — 1795. VI Th. 8. Der 5te ist ein Supplementband, der 6te enthält die Register.

J. C. Fischer Physikalisches Wörterbuch, oder Erklärung der vornehmsten, zur Physik gehörigen Begriffe und Kunstwörter, sowohl nach atomistischer als auch nach dynamischer Lehrart betrachtet u. s. w. Gött. 1798 — 1804. V Th. 8. Th. VI. Supplementband, Th. VII. Register, Th. VIII — X. Supplementbände. 1823 — 1827.

C. P. Funke Handwörterbuch der Naturlehre, insonderheit für Ungelehrte und für Liebhaber dieser Wissenschaft. Leipz. 1805. II Th. 8. Th. III. von Lippold. Leipz. 1819.

Chemisches Wörterbuch von Klaproth und Wolf. Berlin 1807 — 1810. V Th. 8. Supplemente dazu 1816 — 1819. IV Th. 8. (Die sonstigen chemischen Wörterbücher, z. B. von John, von Ure u. s. w., übergehe ich.)

Charles Hutton philosophical and mathematical Dictionary cet. Lond. 1815. II T. 4.

Encyclopaedia Metropolitana; or universal Dictionary of knowledge cet. second division. Mixed Sciences. Lond. 1829 u. 30. II Vol. gr. 4. Der 3te Th., welcher das Ganze beschliefst, ist noch nicht ganz beendigt.

The cabinet Cyclopaedia. Conducted by the Rev. Dionysius Lardner cet. assisted by eminent literary and scien-

Digitized by Google

tific men. Natural philosophy. London 1831. 8. (noch nicht beendigt).

Nur zum Theil physikalischen Inhalts, zugleich aber hierin sehr vollständig, sind die groſsen englischen Encyklopädieen. Dahin gehört R e e s Cyclopaedia. Lond. 1819. XLIX T. 4. und die *Encyclopaedia Britannica*, Edinb. 1797. XVIII T. 4. mit vielen Supplementbänden, wovon jetzt die 7te Ausgabe mit Einschaltung der Supplemente und die Figuren in Stahl gestochen herauskommt.

D. Zeitschriften.

Acta eruditorum Lipsiensia. Lips. 1682—1731. L T. 4. Nova acta eruditorum. Lips. 1732—1776. XLIII T. 4. Actor. erud. suppl. 1692—1734. X T. Ad nova acta erud. suppl. 1735—1757. VIII T. Indices. 1692—1745. VI T. zusammen CXVII T. 4.

Hamburgisches Magazin, oder gesammelte Schriften zum Unterricht und Vergnügen aus der Naturforschung und den angenehmen Wissenschaften überhaupt. Hamb. 1746—1763. XXVI T. 8. Neues hamburgisches Magazin. 1767—1784. XX T. 8.

Physikalische Belustigungen. Berlin 1751—56. 30 Stücke.

Allgemeines Magazin der Natur, Kunst und Wissenschaften. Leipz. 1753—1767. II T. 8.

Bremisches Magazin zur Ausbreitung der Wissenschaften u. s. w. Bremen 1760—1764. VII Th. 8. Neues Bremisches Magazin. Bremen 1767.

Physikalische Arbeiten der einträchtigen Freunde in Wien. Aufgesammelt von Born. Wien 1783—1785 u. 1787—1791. II Th. 4.

Stralsundisches Magazin, oder Sammlungen auserlesener Neuigkeiten, zur Aufnahme der Naturlehre u. s. w. Berlin 1767—1776. II Th. 8.

Berlinische Sammlungen zur Beförderung der Arzneiwissenschaft, der Naturgeschichte u. s. w. Berlin 1768 ff. 8.

Mannigfaltigkeiten, eine gemeinnützige Wochenschrift. Berlin 1769 ff. 8.

Neue physikalische Belustigungen. Prag 1770 ff. 8.

Sammlung zur Physik und Naturgeschichte. Leipz. 1779—1792. IV Th. 8.

Göttingisches Magazin der Wissenschaften und Literatur von Lichtenberg und Forster. Gött. 1780—1785. VI Th. 8.

Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte, fortgesetzt von Voigt. Gotha 1781—1796. XI Th. 1 Th. Register. (Heiſst auch: Gotha'sches oder Lichtenberg's Magazin.)

J. H. Voigt's Magazin für den neuesten Zustand der Naturkunde. Weimar 1797—1806. XII. Th. 8.

Leipziger Magazin zur Naturkunde, Mathematik und Oekonomie, herausgegeben von Funk, Leske und Hindenburg. 1781 bis 1800. (In vier Abth., darunter Bernoulli's und Hindenburg's Magazin und Hindenburg's Archiv. 15 Stücke.)

Journal der Physik von Gren. Leipz. 1790—1793. VIII Th. 8.

Dessen Neues Journal d. Physik. Leipz. 1795—1797. IV Th. 8.

Gilbert's Annalen der Physik 1797—1808. XXX Th. 8. Mit besonderem Titel als: Neue Folge. Leipz. 1809—1824. zusammen LXXVI Th. und 1 Th. Register. Fortgesetzt in: Annalen der Physik und Chemie. Herausgegeben zu Berlin von J. C. Poggendorff. Wird fortgesetzt.

Der Galvanismus. Eine Zeitschrift von Prof. Weber. Landshut 1802. 3 Hefte. 8.

Allgemeiner physiokratischer Briefwechsel einer Gesellschaft teutscher Gelehrten. Von J. K. F. Hauff. Erlangen 1810. 1 Hft.

Königsberger Archiv für Naturwissenschaft u. Mathematik. Von Bessel, Hagen, Schweigger und Wrede. 1811 u. 1812. 2 Jahrg. 4 Hfte.

Naturwissenschaftliche Abhandlungen aus Dorpat. Berlin 1823. I Th. 8.

A. N. Scherer Allgemeines Journal der Chemie. Berlin 1798 bis 1802. X Th. 8.

— — Nordische Blätter für Chemie. Halle 1817.

— — Allgemeine nordische Annalen der Chemie. Petersb. 1819—1822. VIII Th. 8.

Neues allgemeines Journal der Chemie von Gehlen. 1803—1805. VI Th. 8. Fortsetzungen desselben sind:

1) Journal für die Chemie und Physik von Gehlen. 1806 bis 1810. IX Th. 8.

2) Neues Journal für Chemie und Physik von Schweigger. Nürnb. 1811—1830. LX Th. 8.

Digitized by Google

3) Neues Jahrbuch der Chemie und Physik von Schweigger-Seidel. Halle 1831. Wird fortgesetzt.

Französische Annalen für die allgemeine Naturgeschichte, Physik, Chemie, Physiologie u. s. w. von Pfaff u. Friedländer. 1802—1803. IV T. 8.

Bülletin des Neuesten und Wissenswürdigsten aus der Naturwissenschaft, von Hermbstädt. Berlin 1809—1818.

Isis oder encyklopädische Zeitschrift, herausgegeben von Oken. Jena 1816 ff. 4. Wird fortgesetzt.

K. W. G. Kastner deutscher Gewerbsfreund. Halle 1815 ff.

— — Archiv für die gesammte Naturlehre. Nürnb. 1824 bis 1829. XVIII Th. Archiv für Chemie und Meteorologie. 1830 ff. Wird fortgesetzt.

Froriep, Notizen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften u. Heilkunde. Weimar 1821 ff. Jährl. II Th. 4. Wird fortgesetzt.

Zeitschrift für Meteorologie. Chemnitz 1825. 1 St.

Nützliche Neuigkeiten aus dem Gebiete der Haus- und Landwirthschaft und Technologie. Weimar 1824.

Fr. von Zach, monatliche Correspondenz zur Beförderung der Erd- und Himmelskunde. Gotha 1800—1813. XXVIII Th. 8.

Tübinger Blätter für Naturwissenschaften und Medicin von v. Autenrieth und v. Bohnenberger. Tüb. 1815—1817. III Th. 8.

Zeitschrift für Astronomie u. verwandte Wissenschaften. Herausg. von v. Lindenau und v. Bohnenberger. 1816 u. 17. XII Hefte.

Jahrbücher des k. k. polytechnischen Institutes, herausgegeben von J. J. Prechtl. Wien 1819. 8. Jährl. 1 Bd. Wird fortgesetzt.

Zeitschrift für Physik und Mathematik. Von A. Baumgartner und A. v. Ettingshausen. Wien 1826. 8. Wird fortgesetzt. (Bis jetzt X Th. 8.)

Dingler, polytechnisches Journal. Augsb. 1819. Wird fortgesetzt.

K. C. v. Leonhard, Zeitschrift für Mineralogie. 1825—1829. in monatl. Heften. (Schlieſst sich an dessen mineralogisches Taschenbuch.) Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrefactenkunde. Von K. C. v. Leonhard u. H. G. Bronn. 1830. jährlich 4 Hfte. Wird fortgesetzt.

Digitized by Google

Hertha, Zeitschrift für Erd- und Völkerkunde. Von Berghaus. Berlin 1825. 8. Wird fortgesetzt.

Journal des Savans. Par. 1665—1792. CXI T. 4. Seit 1816 wieder fortgesetzt.

Mémoires de physique et de chimie de la Soc. d'Arcueil. Par. 1807—1810. III T. 8.

Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts. Par Rozier. Par. 1771. Fortgesetzt als Journal de physique, de chimie et d'histoire naturelle, von de la Metherie; seit 1818 von Blainville. Im Ganzen CXVI T. 4.

Annales de Chimie cet. Par. 1789—1815. XCVI T. 8. Fortgesetzt in

Annales de Chimie et de physique par Gay-Lussac et Arago. Par. 1816. 8. Wird fortgesetzt.

Annales des Sciences d'observation. Par. 1828. 4. Wird fortgesetzt.

Annales scientifiques, litéraires et industr. de l'Auvergne. Seit 1828. Wird fortgesetzt.

Annales générales des Sciences physiques, par MM. Bory de St. Vincent, Drapier et van Mons. Bruxelles 1819. Wird fortgesetzt.

Correspondance astronomique et mathématique. Par M. Quetelet. Bruxelles. Bis 1832 VII T. 4. Wird fortgesetzt.

Correspondance astronomique, géographique, hydrographique et statistique par M. le Baron de Zach. Gènes 1818—1826. XIV T. 8.

Bulletin des Sciences de la Soc. philomathique. Erscheint seit mehreren Jahren in einzelnen Lieferungen.

Bulletin des Sciences mathématiques, physiques et chimiques. Publié sous la direction de M. le Baron de Ferussac. Par. 1823—1831. Jährl. XII Hfte.

Journal de l'École polytechnique. Par. 1796—1815. X T. 4. Wird fortgesetzt.

Correspondance sur l'École Roy. polytechnique. Par Hachette. 1814—1816. III T. 8.

Bibliothèque britannique cet. bis 1816. LX T. 8. Fortgesetzt als Bibliothèque universelle. Sciences et Arts. Von 1816 an jährl. 3 Th. Wird fortgesetzt.

Archives des découvertes. Par. In vielen Bänden. Wird fortgesetzt.

Digitized by Google

L. Brugnatelli biblioteca fisica di Europa. Pavia. XX T. 8.

— — Giornale fisico-medico. Pavia 1794 ff. 8.

— — e Configliachi Giornale di fisica, chimica e storia naturale. Pavia 1808—1826. X T. 4.

Giornale arcadico delle Scienze. Bis 1828 XL T. 8.

Giornale di Scienze, Lett. ed Arti per la Sicilia. Palermo 1824.

Memorie di fisica, chimica e storia naturale del Regno Veneto-Lombardo. Padua 1831. Wird fortgesetzt.

Tilloch's philosophical magazine. Lond. 1798. 8.

Annals of Philosophy. Lond. 1813. (von Thomson). Beide letztere fortgesetzt bis 1826, dann unter dem gemeinschaftlichen Titel: Philosophical magazine and Annals of Philosophy vereint. 1827—1832. XI T. 8. Dann vereint mit Brewster's neuestem Journale.

Nicholson's Journal of natural philosophy, Chemistry and the Arts. 1796—1801. V T. 4.

London Journal of Literature, Sciences and Arts. Seit langer Zeit in vielen Bänden.

Edinburgh philosophical Journal. Conducted by Dr. Brewster and Prof. Jameson. Edinb. 1819—1826. XIV. T. 8. Fortgesetzt in

Edinburgh new philosophical Journal. Conducted by Prof. Jameson. Von 1826 III Hefte, dann jährlich IV. Wird fortgesetzt.

Edinburgh Journal of Science. Conducted by Dav. Brewster. Hft. 1 u. 2 von 1824, dann jährlich 4 bis 1829. XX Hefte. Fortgesetzt in: New series bis 1832. XII Hfte. Fortgesetzt in

The London and Edinburgh Philosophical Magazine and Journal of Science. Conducted by Sir Dav. Brewster, Richard Taylor, Richard Phillips. 1832. Wird fortgesetzt.

Edinburgh Journal of natural and geographical Science. Edinb. 1829 u. 1830. II Vol. 8. New Series. Edinb. 1830 u. 1831. VI Hefte. 8.

The quarterly Journal of Science, Literature and Art. Lond. 1817—1827. XLIV Hfte. Von da an: New Series bis 1830. XII Hefte. Verbunden mit

Journal of Science and the arts, edited at the Royal Institution of Great-Britain. 1816—1830. XXVIII T. 8. Seit 1831 als New Series fortgehend.

Digitized by Google

Dublin philosophical Journal. Einige Jahrgänge bis 1826. (Mir nicht vollständig bekannt.)

Boston Journal of Science. T. I. Boston 1825.

Magazin for Naturvidenskaberne. Udgivet of Professoverne G. F. Lundh, C. Hansteen og H. H. Maschmann. Christiania 1823. Jährl. 4 Hfte. Wird fortgesetzt.

Afhandl. i Fysik, Kemi cet. (Eine neuere schwedische, mir nicht vollständig bekannte Zeitschrift.)

Tidsskrift for Naturvidenskaberne. Kiöbenh. (Mir im Original nicht bekannt.)

E. Schriften gelehrter Gesellschaften.

Miscellanea curiosa, seu ephemerides medico-physicae academiae naturae curiosorum. Norimb. 1670—1706. XXIV T. 4.

Ephemerides academiae caes. naturae curiosorum cet. 1712 bis 1722. V T. 4.

Acta physico-medica acad. caes. leopoldino-carolinae nat. cur. 1727—1754. X T.

Nova acta physico-medica acad. caes. leopoldino-carol. nat. cur. Norimb. 1754—1791. VIII T. 4.

Verhandlungen der Leopoldin. Carol. Academie d. Naturforscher. 1818. T. I. Wird fortgesetzt.

Miscellanea beroliniensia cet. Berol. 1710—1743. VII T. 4.

Histoire et mémoires de l'Academie roy. des sciences et belles lettres de Berlin. 1746—1771. XXV T. 4.

Nouveaux Mémoires de l'Academie Roy. des Sc. et belles lettres. Berl. 1770—1787. XVI T. 4.

Mémoires de l'Acad. Roy. de Berlin. 1792.

Histoire de l'Academie royale depuis son origine jusqu'à présent. Berl. 1752. 4.

Abhandlungen der Berliner Academie der Wissenschaften. Berl. 1794. 4. Wird fortgesetzt.

Naturwissenschaftliche Abhandlungen, herausgegeben von einer Gesellschaft in Würtemberg. Tüb. 1826 u. 1828. II Th. 8.

Beschäftigungen der Berlinischen Gesellschaft naturforschender Freunde. Berl. 1776—1779. IV Th. 8. Schriften der Berliner Gesellschaft naturforschender Freunde. 1780—1793. XI Th.

Neue Schriften der Berliner Ges. naturf. Freunde. Berl. 1795.

Abhandlungen der Berliner Gesellschaft naturforschender Freunde. Berl. 1796—1805. IV T. 4.

Digitized by Google

Magazin der Berliner Gesellschaft naturforschender Freunde. Berl. 1807—1817. IV Th. 4.

Verhandlungen der Ges. naturf. Freunde zu Berlin. 1819—1821. I Th. 4.

Abhandlungen der Hallischen naturforschenden Gesellschaft. Leipz. 1787. I Th. 8.

Neue Schriften der naturf. Ges. in Halle. 1809—1817. III Th. 8.

Annalen der Wetterauischen Gesellschaft für die gesammte Naturkunde. Frankf. 1809—1811. II Th. 4. Leipz. 1815. 3ter Th. Neue Annalen. Frankf. 1820. 4ter Band.

Studien des Gütting'schen Vereins bergmännischer Freunde. Im Namen ders. herausgeg. von J. F. L. Hausmann. Gött. 1824. Bd. I. Hft. 1. 8.

Versuche und Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Danzig. 1747—1754. IV Th.

Neue Sammlung von Versuchen und Abhandlungen. Danzig 1778. 4.

Neueste Schriften der naturforschenden Gesellschaft in Danzig. Halle 1821—1828. II Th. 4.

Acta academiae elect. moguntinae cet. Erf. et Gothae 1757 ff. II T. 4. 1776—1795. VIII T. 4. Nova Acta 1796—1806. V T. 4.

Abhandlungen des staatswirthschaftlichen Instituts zu Marburg. Offenbach. 1790. I Th. 8.

Acta philosophico-medica soc. acad. scient. principalis Hassiacae. Giess. 1771. 4.

Schriften der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg. Marb. 1823 u. 1828. II Th. 8.

Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Zürich. 1761 bis 1766. III Th. 8.

Denkschriften der allgemeinen schweiz. Ges. für die gesammten Naturwissenschaften. Zürich 1829. I Th. 4.

Abhandlungen der kurfürstl. Baierschen Akademie der Wissenschaften. München 1764—1776. X Th. 4.

Neue philosophische Abhandlungen u. s. w. Augsb. u. Nürnb. 1779—1797. XII Th. 4.

Denkschriften der Kön. Academie der Wissenschaften zu München. 1808. Bis jetzt VIII Th. 4. Wird fortgesetzt.

Jährliche Verhandlungen der Kurländischen Gesellschaft der Wissenschaften. Bis 1819. V Th.

Digitized by Google

Abhandlungen einer Privatgesellschaft in Böhmen. Prag 1775 bis 1784. VI Th. Von 1785—1790. IV Th. Neuere A. III Th. Von 1802—1814. IV Th. 8. Später A. der königl. Böhm. Ges. d. W. bis 1823. VIII Th. 8.

Verhandlungen der k. Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften. Neue Reihe. 1827. Th. I.

Abhandlungen der Deputation für Gewerbskunde in den preuſs. Staaten. Berl. 1827. 4.

Verhandlungen und Schriften der Hamburg. Gesellschaft zur Beförderung der Künste u. Gewerbe. Hamb. 1792—1807. VII Th. 8. Neuerdings fortgesetzt.

Commentarii Soc. reg. Scient. Gott. 1752—1755. IV T. 4. Commentarii novi soc. reg. sc. Gott. 1769—1777. VIII T. 4. Commentationes Soc. Reg. sc. Gott. 1778—1808. XVI T. 4. Commentationes recentiores cet. 1808 ff. Wird fortgesetzt.

Teutsche Schriften von der kön. Societät der Wissensch. zu Göttingen herausgegeben. Gött. 1771. 8.

Acta Societatis Jablonovianae. 1772. Nova acta Soc. Jabl. Wird fortgesetzt.

Acta Helvetica physico-mathematico-botanico-medica. Basil. 1751—1777. VIII T. 4. Nova acta cet. Basil. 1787. 4.

Historia et commentationes acad. Theodoro-Palat. Mannh. 1776 bis 1794. VII T. in XI Bden. 4.

Ephemerides Societatis meteorologicae Palatinae. Mannh. 1781 bis 1792. X T. 4.

Verhandelingen der eerste klasse van het koninglyk Nederlandsche Institut van Weetenschappen, Letterkunde en schone Kunsten te Amsterdam. Amst. 1819. IV T. 4.

Naturkundige Verhandelingen van het hollandsche Maatschappij der Weetenschappen te Haarlem. Haarlem 1775. Bis 1817. VIII T. 8. Wird fortgesetzt.

Verhandelingen uitgegeven door het Zeeuwsch Genootschap der Weetenschappen te Vliessingen. Middelb. 1768. 8. Fortgesetzt.

Verhandelingen van het bataafsch Genootschap de proefondervindelse Wisbegeerde. Rotterd. 1774. 4. Fortgesetzt.

Allgemeene Konst en Letterbode. Haarlem. Nach Jahrgängen und Nummern. 1788—1818.

Miscellanea Cracoviensia. 1814. 4. Nova. 1829. 4.

Philosophical Transactions cet. Lond. 1665—1791. LXXXI T. 4. Dann for the year 1792 und so fort jährlich 2—3 T.

Digitized by Google

Philosophical Transactions to 1750, abridged by Lowthorp, Jones, Eames and Martin. Lond. XI T. 4.

Miscellanea curiosa, being a collection of some of the principal phaen. in nature. Lond. 1701—1708. III T. 8.

Essays and observations, physical and literary, read before a Society in Edinburgh. 1754—1779. XII T. 8.

Transactions of the Royal Society of Edinburgh. 1788—1819. IX T. Wird fortgesetzt.

Memoirs of the literary and philos. Society of Manchester. Warrington 1785. I T. 8. Lond. 1789—1796. V T. 8. Dann New series. Wird fortgesetzt.

Transactions of the Royal Irish Academie. Dublin and Lond. 1788—1830. XVI T. 4.

Transactions of the Cambridge philosoph. Society. IV T.

Transactions of the American philosophical Society held at Philadelphia, for promoting usefull knowledge. Philad. 1771 bis 1817. VI T. 4. New series. T. I. 1818. Bis jetzt III T. Wird fortgesetzt.

Memoirs of the American academy of arts and sciences. Boston 1785—1816. IV T. 8.

Transactions of the literary and philosophical Society of New-york. 1814. T. I. Seitdem fortgesetzt.

Transactions of the geological Society. Lond. 1811—1819. V T. 4. New Series 1825. Wird fortgesetzt.

The Asiatic Miscellany, consisting of original productions cet. Calcutta 1785—1788. II T. und New As. Miscellany. Ebendas. 1789.

Asiatic researches of the Society of Bengal. Calcutta 1788—1825. zus. XXV T. 4. Wird fortgesetzt.

Transactions of the literary Society of Madras. London. Seit 1825.

Transactions of the Society for the encouragement of arts, manufactures cet. Lond. 1783—1823. XLI T. 8.

Der Königl. Academie der Wissenschaften in Paris Physische Abhandlungen. Von W. B. A. von Steinwehr. Bresl. 1748 bis 1756. XII Th. 8.

Histoire et mémoires de l'académie Roy. des Sciences. Von 1666 bis 1790. CIII Th. 4. Dazu gehören:

Recueil des pièces qui ont remporté le prix. Par. 1721—1771. IX T. 4.

Mémoires de mathématique et de physique présentés à l'Académie. 1750 ff. XI T. 4.

Machines et inventions approuvées par l'Académie. 1735—1777. VII T. 4.

Mémoires de l'Institut national des sciences et Arts. An IV de la République, bis 1811. XIV T. 4. Dazu gehören: Mémoires présentés à l'Institut cet. 1805—1811. II T. 4. Desgleichen: Base du système métrique. Par. 1806. III T. 4. Dazu gehört: Recueil d'Observations géodésiques, astronomiques et physiques cet. par MM. Biot et Arrago. Par. 1821. 4.

Mémoires de la classe des sciences mathématiques et physiques de l'Institut impérial de France. Par. 1814 u. 1818. II T. 4.

Mémoires de l'Académie Roy. des sciences. Par. 1818 bis jetzt X T. 4. Wird fortgesetzt.

Histoire de la Société Roy. des Sc. établie à Montpellier. Lyon 1766. I T. 4.

Mémoires de Mathém. et de Physique. Avignon 1755. 4.

Mémoires de l'Acad. des Sciences de Naples. T. I. 1825. Wird fortg.

Mémoires de la Soc. acad. de Savoie. Seit 1827. Wird fortgesetzt.

Mémoires de l'Acad. des Sciences et belles Lettres de Bruxelles. 1780—1788. V T. 4. Mémoires sur les questions proposées. 1773—1788. VI T. 4. Nouveaux Mémoires. Bis 1830. V T.

Bulletin de la Soc. d'Encouragement. In mehreren Bänden nach Jahresfolge bis jetzt fortgesetzt.

Mémoires de l'Acad. des Sciences de Dijon. Nach Jahrgängen bis 1829 fortgesetzt.

Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève. 1822—1830. IV T. 4. Wird fortgesetzt.

Mémoires de la Société des sciences physiques de Lausanne. 1784 bis 1790. III T. 4.

Mémoires de la Société des naturalistes de l'université impériale de Moscou. 1806—1831. X T. 4. Bulletin de la Soc. Imp. des Nat. de Moscou. 1831. T. I.

Memorias da Academia Real das Sciencias de Lisboa. 1781 bis 1791. T. I. fol.

Memorias de Mathematica e Physica da Academia Real das Sciencias de Lisboa. 1799—1812. T. II u. III. fol.

Historia e Memorias da Academia Real das sciencias de Lisboa. 1815—1827. T. IV—X. fol.

Digitized by Google

Miscellanea instructiva, curiosa y agradable. Alcala 1796. III T. Madr. 1797—1798. VI. T. zus. IX T. 4.

Saggi di naturali esperienze fatte nell' accademia del Cimento. Fir. 1667 ff. 1691 ff. Ven. 1761. Tentamina experimentorum naturalium captorum in academia del Cimento cet. in lat. conversa ed. Pet. van Musschenbroek. Vien. 1756. 4.

Saggi scientifici e letterarii dell' Accademia di Padova. 1786 bis 1794. IV T. 4.

Atti della Reale accademia delle Scienze di Napoli. Nap. 1788. 4. Wird fortgesetzt.

Nuovi Saggi della Cesareo-Regia Accademia di Scienze, Lettere ed Arti di Padova. Pad. 1817. 4.

Commentarii de Bononiensi scientiarum et artium instituto atque academia. Bonon. 1731—1791. VII T. 4. Später erschien Collez. u. Nuov. Collez. di opusc. Scientif. Bologna. Bis 1826.

Pensieri fisico-matematici. Bologna 1767 ff.

Opuscoli scientifici di Bologna. 16 Hefte.

Saggi di dissertazioni accademiche pubblicamente lette nell' accademia etrusca di Cortona. Rom. e Fir. 1735—1791. IX T. 4.

Miscellanea philosophico-mathematica soc. priv. Taurinensis. 1759. Mélanges de Philosophie et de mathématique de la Soc. roy. de Turin. 1761—1776. V T. 4.

Mémoires de l'Academie des sc. de Turin. 1786—1801. VI T. 4.

Mémoires de l'Acad. des Sc. Lit. et Beaux-Arts de Turin. Sciences phys. et math. Tur. 1802—1813. V T. 4.

Memorie della reale Accad. delle Scienze di Torino. Bis 1827 XXX T. Seitdem nach Jahrgängen fortgesetzt.

Atti dell' Accademia delle Scienze di Siena, detta de' fisico-critici. Siena 1760—1800. VIII T. 4.

Atti della società patriotica di Milano, diretta all' avanzamento dell' agricoltura, delle arti e delle manifatture. Milano 1783 bis 1793. III T. 4. Memorie dell' Instituto di Milano. Bis 1825. XIII T.

Scelta di opuscola interessanti. Milano 1775 ff. XXXVI T. 12.

Opuscoli scelti sulle Scienze e sulle arti. Milano 1778—1795. XVIII T. 4.

Memorie di matematica e fisica della Società Italiana. Verona e Modena 1782—1820. XXVI T. 4.

Commentarii academiae Petropolitanae. Petrop. 1726—1752. XIV T. 4. Novi Commentarii acad. Petrop. 1750—1776.

Digitized by Google

XX T. 4. Acta acad. Petrop. 1777—1782. VI T. 4. Nova acta Acad. Pet. 1783—1806. XV T. 4. Mémoires de l'Acad. Imp. des Sc. de St. Petersb. 1809—1824. X T. 4. Wird fortgesetzt seit 1826 als T. I. Bis jetzt T. III.

Acta literaria Sueciae. Upsal. 1720—1739. IV T. 4.

Acta Soc. Reg. Upsaliensis. Ups. 1740—1750. V T. 4.

Nova Acta Soc. Reg. Upsal. Ups. 1773—1832. IX T. 4. Wird fortgesetzt.

Kongl. Svenska vetenskaps academiens-handlingar. Stockh. 1740—1779. und Nya Handlingar 1780—1813. LXXVI T. 8. Wird fortgesetzt.

Kongl. Svenska Vitterhets Academiens handlingar. Stockholm 1755—1807.

Abhandlungen der Königl. Schwed. Academie. Uebers. von A. G. Kästner u. a. Hamb. 1749 ff. XLI Th. 8. Neue Abhandl. 1784—92. XII Th. 8.

Skrifter som udi det Kiobenhavnske Selskab ere Fremlagde. 1745—1779. XII T. 4. Die ersten III T. Scripta Soc. Hafn.

Acta literaria universitatis Hafniensis. Copenh. 1778. 4.

Nye Samling af det Kongelige Danske Videnskabers selskabs skrifter. Kiöb. 1781—1799. V T. 4.

Abhandlungen, phys. chem. naturhist. und mathematische. Aus der neuen Sammlung der Schr. d. Kön. Dän. Ges. d. W. Von P. Scheel und C. F. Degen. Copenh. 1798—1803. II Th. 8.

Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter. Kiöb. 1801—1818. VI T. 4. Wird fortgesetzt.

Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs naturvidenskaberlige og mathematiske Afhandlinger. Kiöb. 1824 u. 1826. II T. 4.

Acta Reg. Soc. Hafniensis. Hafn. 1812. IV T. 8. Nova Acta Reg. Soc. Hafn. ibid. 1819. Vol. I.

Trondhiemske selskabs skrifter. Kiöb. 1761—1774. III T.

Det Kongelige Norske Videnskabers selskabs skrifter. Kiöb. 1768—74. V T. Nye Samling af det Kongelige Norske Videnskabers selskabs skrifter. Kiöb. 1784 ff.

Det Kongelige norske Videnskabers selskabs skrifter i det 19 Aarhundrede. Kiöb. 1817. I T. 4.

Auſser den genannten existiren noch verschiedene Zeitschriften und Sammlungen, deren einige schätzbare Abhandlun-

gen physikalischen Inhalts enthalten, z. B. die zunächst für Mathematik, Astronomie, Chemie, Naturgeschichte, Mineralogie und Technologie bestimmten, wie die Connaissance des temps, das Berliner astronomische Jahrbuch, die allgemeinen geographischen Ephemeriden u. a. m. Inzwischen halte ich die mitgetheilte Uebersicht rücksichtlich des vorliegenden Zweckes für genügend. *M.*

Pistole, elektrische.

Donnerbüchse, Knallpistole; *Sclopetarium electricum*; Pistolet électrique; *Electric or Volta's Pistol.*

Eine Vorrichtung, in welcher die Explosion der durch den elektrischen Funken entzündeten Knallluft einen Pfropf oder eine Kugel mit Gewalt aus einer Röhre treibt. Der Versuch damit dient zum Beweise der Entzündung brennbarer Stoffe durch den elektrischen Funken und der explodirenden Kraft der Knallluft. Die Vorrichtung zu diesem Versuche, der besonders in der ersten Zeit nach seiner Auffindung überraschend erschien, ist mit mancherlei Abänderungen dargestellt worden, hat besonders unter der Form einer Pistole, freilich mehr als Spielwerk als zu einem ernsthafteren Gebrauche, Beifall gefunden und macht gewöhnlich einen Theil der elektrischen Geräthschaften in den physikalischen Cabinetten aus. Daſs sich Luft mit brennbaren Dünsten vermischt und insbesondere die auf chemischem Wege erhaltene brennbare Luft durch den elektrischen Funken entzünden lasse, war schon Watson bekannt[1], noch ehe man die brennbare Luft gehörig kannte. Auch Nollet hat diese Versuche wiederholt. Volta aber verfiel bei seinen Untersuchungen über die Sumpfluft, mit welcher er die leichte brennbare Luft, deren Eigenschaften seitdem vorzüglich durch die Versuche von Cavendish in ein helleres Licht gestellt worden waren, verglich, auf die Anwendung dieser leichten brennbaren Luft statt des Schieſspulvers zum Abfeuern in eigends dazu hergestellten, mit einer Pistole einigermaſsen vergleichbaren Vorrichtungen und, wie er selbst versichert, ohne damals von

1 Phil. Trans. T. XLIII. p. 495.

Digitized by Google

Watson's früherer Erfahrung Kenntniſs gehabt zu haben, auf die Anwendung des elektrischen Funkens zur Entzündung einer Knallluft aus atmosphärischer Luft oder aus Sauerstoffgas und brennbarer Luft in dergleichen Geräthschaften. In drei Briefen an den Marchese Castelli vom April und Mai 1777[1] theilt er demselben eine Beschreibung seiner mannigfaltigen in dieser Hinsicht angestellten sinnreichen Versuche mit. Erst hatte er sich nur der gewöhnlichen Flamme bedient, um die Knallluft in seiner Pistole zu entzünden, nachdem er aber auf den glücklichen Gedanken gekommen war, den elektrischen Funken zur Entzündung anzuwenden, wurden diese Vorrichtungen von ihm sehr vereinfacht. Er bediente sich nämlich zu solchen Explosionen bloſser gläserner Gefäſse, in welche seitlich durch Oeffnungen durch Glasröhren und Kork und Kitt befestigte isolirte messingene Drähte gingen, die einander im Innern nahe genug standen, daſs auch der kleinste Funken des Deckels eines Elektrophors noch überspringen konnte, da ein solcher schon hinreichte, die Knallluft zu entzünden. Um solche Gefäſse bequem mit der Knallluft zu füllen, bediente sich Volta der Hirsenkörner, von welchen er in die Knallpistole so viel schüttete, daſs die nachmals den Raum der Hirsenkörner einnehmende brennbare Luft in dem angemessensten Mengenverhältnisse zur atmosphärischen Luft in dem Gefäſse stand. Die Knallpistole wurde dann luftdicht auf die mit einem Hahne versehene Flasche, in welcher sich die brennbare Luft befand, aufgesetzt, wo dann nach Oeffnung des Hahns die Hirsenkörner in die untere Flasche herabfielen und ein gleiches Volumen Wasserstoffgas an ihre Stelle in die Knallpistole trat. Bei gehöriger Gröſse der Flasche konnte das Laden und Abfeuern der Knallpistole mehrere Male wiederholt werden. Indem mehrere solche Knallpistolen durch Häkchen, welche die Zuleitung der Elektricität in das Innere bedingten, verbunden wurden, konnte bei hinlänglicher Stärke des elektrischen Funkens eine Reihe derselben auf einmal abgeschossen werden. Volta empfahl auch schon

1 Briefe über die entzündbare Luft der Sümpfe von Herrn Alex. Volta nebst drei andern Briefen von dem nämlichen Verfasser. Aus dem Italiänischen übersetzt von C. H. Köstlin. Stuttgart 1778. Auch in der Collezione dell' opere del Cavaliere Conte Alessandro Volta. Firenze 1816. T. III. p. 133.

damals dieses Abbrennen der brennbaren Luft mit atmosphärischer Luft oder mit Sauerstoffgas in verschlossenen Gefäſsen im Groſsen, um das Product des Verbrennens auszumitteln, indem er schon richtig erkannt hatte, daſs hierbei die ganze brennbare Luft und der vierte Theil der atmosphärischen Luft ihren gasförmigen Zustand verloren habe, und er erwartete zugleich einen Niederschlag aus der brennbaren Luft, von der er nach der damals herrschenden phlogistischen Ansicht voraussetzte, daſs sie durch Verlust ihres Brennbaren (Phlogistons) ihren gasförmigen Zustand verloren habe, welches Phlogiston durch ihren Uebergang an die atmosphärische Luft die Verminderung des Volumens derselben bewirke.

Die überraschenden Versuche Volta's wurden ein Gegenstand häufiger Wiederholung und die Apparate zur Anstellung derselben wurden mannigfaltig abgeändert. Wegen der Gefahr der Zersprengung gläserner Gefäſse werden diese Instrumente gewöhnlich von Messing verfertigt und bestehn aus einem im Allgemeinen cylinderförmigen Körper B C mit einem Halse, des- Fig.
sen Oeffnung A mit einem Korke verschlossen ist. Am Boden 65.
ist ein durchbohrtes Stück Messing eingeschraubt und in dasselbe eine Glasröhre D E eingekittet, in welcher der mit einem Knopfe F versehene Draht G F befestigt ist, dessen Ende G so umgebogen wird, daſs es nur 1 bis 2 Linien weit von dem Messing absteht. Wenn die Pistole nicht gebraucht wird, so schraubt man noch eine messingene Haube über das äuſsere Ende der Glasröhre E und den Knopf des Drahtes F, um beide gegen Feuchtigkeit und Verletzung zu schützen. Will man sie laden, so zieht man den Kork aus der Oeffnung A und hält dieselbe sehr genau an die Mündung einer mit brennbarer Luft gefüllten Flasche, die man in eben dem Augenblicke erst geöffnet hat. Dabei steigt die leichtere brennbare Luft aus der Flasche in die Pistole auf, mischt sich mit der darin enthaltenen atmosphärischen Luft und bildet damit eine Knallluft. Hat man auf diese Art die Pistole etwa 15 bis 20 Secunden lang über die Flasche gehalten, so verschlieſst man beide augenblicklich mit genau passenden Korkstöpseln. Noch genauer wird man das richtige Verhältniſs der brennbaren Luft zur atmosphärischen (zwei Theile der ersteren zu fünf Theilen der letztern) erhalten, wenn man nach Volta's Vorgang in die Pistole vorher die gehörige Menge Hirsenkörner (besser als trocknen Sand, der sich

eher im Innern anhängt) bringt und diese in die Flasche mit brennbarer Luft hinunterfallen läſst. Wenn man hernach den untern Theil der Pistole mit der Hand hält, die Haube abnimmt und dem Knopfe F an dem aufgehobenen Deckel eines in Thätigkeit gesetzten Elektrophors, an dem elektrisirten Conductor einer Elektrisirmaschine oder an dem Knopfe einer geladenen Leidner Flasche einen Funken giebt, so entsteht ein zweiter Funken zwischen dem gebogenen Ende des Drahtes und dem Boden des Gefäſses B C. Dieser entzündet die Knallluft mit einer Explosion, welche den Kork bei A mit groſser Gewalt forttreibt. Man kann aus einer Flasche mit brennbarer Luft die Pistole mehrmals nach einander laden, nur muſs man sie bei jedem folgenden Male etwas länger als vorher über der Flasche halten.

Man kann in diesen gemeinen Pistolen keine Mischung von Luftarten nach ganz genauen Verhältnissen machen, da selbst Volta's Methode doch nur eine Annäherung dazu gewährt. Daher gab Dr. Ingenhouss[1] eine etwas zusammengesetztere Einrichtung an, deren Beschreibung und Abbildung man auch bei Cavallo[2] findet. Sie besteht aus drei zusammengeschraubten Stücken, dem Laufe, der Kammer und dem Handgriffe. Durch den letztern geht die Stange eines Kolbens, der sich in ein kegelförmiges Stück Elfenbein endigt, welches in das innere konische Ende der Kammer vollkommen anschlieſst. Um nun die Pistole zu laden, muſs man die schon vorher bereitete Knallluft in einer Blase vorräthig haben. Man stöſst den Kolben dicht an den konischen Theil der Kammer, schraubt den Lauf ab, hält die Oeffnung der Kammer an die Blase und zieht den Kolben zurück, wodurch sich die Kammer mit Knallluft anfüllt. Alsdann nimmt man die Blase ab, bringt augenblicklich eine mit weichem Leder umwickelte Bleikugel in die Mündung und schraubt den Lauf wieder darüber. Die Entzündung geschieht vermittelst zweier in dem Elfenbein am Kolben angebrachter Drähte mit Knöpfen, die nicht weit von einander abstehn, und deren einer mit dem Messing des Instruments verbunden, der andere aber in einer Glasröhre isolirt ist und sich

1 Phil. Trans. T. LXIX. P. II. p. 410.

2 Abhandlung über die Natur und Eigenschaften der Luft. Leipz. 1783. 8. S. 277.

Digitized by Google

auswendig in einen Knopf endigt, dem man den Funken geben kann. Die Drähte müſsen ſo tief im Elfenbeine liegen, daſs ſie den Gang und das Anſchlieſsen des Kolbens nicht hindern.

Dr. Ingenhouss fand die Wirkungen dieſes Inſtruments ungemein ſtark. Er war bei den damit angeſtellten Verſuchen auf die Entdeckung gekommen, daſs die Dünſte des Schwefeläthers, der gemeinen Luft und noch mehr der dephlogiſtiſirten Luft beigemiſcht, eine noch viel ſtärkere Knallluft geben, als die brennbare Luft. Eine ſtarke von Nairne verfertigte Piſtole ward durch Abfeuerung von dephlogiſtiſirter Luft nach einem hinzugebrachten Tropfen Aether ganz zerrüttet und ihre metallene Kammer von der Dicke eines Thalers mit groſser Gefahr der Umſtehenden zerſchmettert. Eben dieſe Piſtole zerſprang nach ihrer Wiederherſtellung zum zweitenmale, obgleich ſogar der Lauf offen war. Es erklärt ſich dieſe groſse Gewalt der Aetherdünſte aus ihrer groſsen Dichtigkeit, verglichen mit der brennbaren Luft, und alſo aus der Menge der brennbaren Theile bei gleichem Volumen. Wenn man ein Stückchen Schwamm mit Hofmann'ſchem Geiſte (*liquor anodynus*) getränkt in die Höhlung der Kammer hängt und durch 3 bis 4maliges Schwenken die Luft mit den Dünſten dieſes Geiſtes miſcht, ſo kann man ſie ohne weitere Vorbereitung abbrennen und dieſes Verfahren 8 bis 10mal wiederholen, wenn nur die Näſse des Schwammes nicht an den Draht kommt, der die Elektricität leitet, und deſsen Iſolirung aufhebt.

Endlich erfand Pickel, der bei den erwähnten Verſuchen von Ingenhouss gegenwärtig geweſen war, eine eigene zum Geſchwindſchieſsen ſehr bequem eingerichtete Piſtole, bei welcher auch, um die Gefahr des Zerſpringens zu verhüten, auf eine hinlängliche Dicke der Wände gehörige Rückſicht genommen war. Ihr Körper iſt cylindriſch, an einem Ende in eine Kugel ausgehend, und faſst 14 Kubikzoll Luft. Es paſst ein Stempel darein, durch deſsen Stange ein Canal der ganzen Länge nach durchgebohrt iſt; ein Maſsſtab auf der Stange zeigt, wie viele Kubikzolle der durch die Zurückziehung entſtandene Raum faſst. Der Canal des Stempels hat einen Hahn und daran kann eine mit Knallluft gefüllte Blaſe geſchraubt werden. Zieht man nun bei geöffnetem Hahne den Stempel zurück, ſo tritt ſo viel Knallluft, als der Maſsſtab anzeigt, aus der Blaſe in den Körper der Piſtole. Durch die Seitenwand dieſes Körpers

ist ein Stück Messing eingeschraubt, durch welches ein Messingdraht, in einer Glasröhre isolirt und auswendig in einen Knopf endigend, hindurchgeht. Dieses Drahtes inneres Ende biegt sich gegen das Metall der Pistole, darf aber dem Gange des Stempels nicht im Wege stehn, was nur bei einer bedeutenden Dicke der Wandungen der Pistole ausführbar ist. Ist der Körper der Pistole mit Knallluft gefüllt, so wird der Hahn geschlossen und der Knopf des Drahtes mit dem abgehobenen Deckel eines Elektrophors oder dem Knopfe einer geladenen Flasche berührt. Nach dem ersten Abfeuern wird der Stempel wieder hineingestoſsen, eine neue Kugel oder ein Korkstöpsel vorgelegt, der Hahn geöffnet und der Körper der Pistole durch Zurückziehung des Stempels aufs neue geladen, worauf man den Hahn wieder schlieſst und zum zweitenmale abfeuert. So kann man in einer Minute 8 bis 10 Schüsse thun. Hat man in der Blase brennbare Luft, die man in einem gegebenen Verhältnisse mit gemeiner mischen will, so dient dazu der Maſsstab. Der Stempel wird noch vor Einbringung der Kugel oder des Korkstöpsels bei geschlossenem Hahne bis auf den gehörigen Grad zurückgezogen, wodurch sich der nöthige Raum mit gemeiner Luft füllt. Verstopft man alsdann die Mündung der Pistole mit dem Stöpsel, öffnet den Hahn und zieht den Stempel völlig zurück, so kommt der erforderliche Theil brennbarer Luft aus der Blase hinzu.

Zur Abbrennung des Aetherdunstes mit atmosphärischer Luft oder mit Sauerstoffgas hat Dr. Ingenhouss im vordern konischen Theile des Stempels eine kleine durchlöcherte Kammer angebracht, in die ein Stückchen Schwamm, mit Hofmann's Liquor oder mit Schwefeläther getränkt, eingelegt wird. Durch diese Kammer muſs die gemeine Luft oder das Sauerstoffgas, für welchen Fall man vorher eine damit gefüllte Blase an den hintern Hahn der Pistole angeschraubt hat, beim Zurückziehn des Stempels durchstreichen und nimmt dann den Dunst in sich auf. Nimmt man hierbei Sauerstoffgas, so wird der Knall dem Gehöre fast unerträglich und die Explosion so heftig, daſs man von der Haltbarkeit der Pistole sehr gewiſs versichert seyn muſs. Zur Entzündung dieser Art von Knallluft ist indessen ein etwas stärkerer Funken erforderlich, am besten aus einer kleinen, aber stark geladenen Leidner Flasche.

Fig. 66. Aus der Zeichnung erhält man leicht eine Uebersicht der

äuſsern Gestalt dieses sinnreich construirten Apparats, der innere Bau seiner Theile aber wird am besten aus der Darstellung des Durchschnittes erkannt. Der Körper derselben ist ein star- Fig.
ker Cylinder kk von gegossenem Messing oder Kanonenmetall, 67.
welcher vorn in einen Kegel endigt, der mittelst einer starken Schraube an dem Cylinder hält, übrigens aber auch angelöthet werden könnte. Die Mündung dieser Pistole ist sehr weit, damit man einen dicken Stöpsel einkeilen kann. Will man mit einer Kugel schieſsen, so schraubt man einen engern Lauf an. Der Stempel A läuft, um sich an den vordern Theil der Pistole genau anzulegen, in einen Kegel aus. Der walzenförmige Theil des Stempels, der an die inneren Wände der Pistole andrückt, ist mit einem gut ausgesuchten und genau nach der Höhle der Pistole gearbeiteten Korke versehn. Der vordere konische Theil des Stempels hat eine kleine Kammer oder Höhle, die man öffnen kann, wenn man die Platte, welche die Spitze des abgeschnittenen Kegels macht, abschraubt. Diese Kammer dient dazu, um einen mit Aether, Hofmann'schen Tropfen oder einer andern leicht verdunstbaren brennbaren Flüssigkeit getränkten Schwamm aufzunehmen, und hat seitwärts eine kleine Oeffnung, durch welche die Luft und mit dieser die Dünste in die Höhle der Pistole übergehn können. Der Stempel A ist an der messingenen Stange oder Handhabe B befestigt, durch deren Mitte ein ziemlich weiter Canal hinläuft, der auch im Stempel sich bis zu dessen vorderer Kammer fortsetzt. Dieser Canal unterhält eine Gemeinschaft mit dem Hahne C, wenn dieser so gedreht ist, wie es die Figur zeigt; giebt man ihm aber eine Viertelwendung, so ist die Gemeinschaft abgeschnitten. Das Stück Messing Q, versehn mit einem Hahne E und der aufgebundenen Blase F, kann auf eine Glocke aufgesteckt werden, um mit dem Gase in derselben die Blase zu füllen, welches demnächst nach Oeffnung des Hahns durch den Canal in den Körper der Pistole strömt, wenn nach Schlieſsung der Mündung und beim Zurückziehn des Stücks A ein leerer Raum darin entsteht. Mitten aus dem Raume im hohlen Cylinder erhebt sich ein Messingdraht, welcher oben mit einer Kugel N versehn ist und, um ihn zu isoliren, mittelst Siegellacks in einer Glasröhre befestigt wird. Diese Glasröhre ist wieder in das Stück Messing P, das mit seiner Schraube in den hervorragenden Theil der Pistole O eingreift, mittelst Siegellacks eingekittet.

Dieser Messingdraht ist da, um den elektrischen Funken in die Pistole hineinzuleiten; er muſs aber schon in der Höhle des hervorstehenden Theils O endigen, damit er der freien Bewegung des Stempels nicht im Wege stehe.

So wie gleich Anfangs Volta, so haben später mehrere andere, z. B. Schäfer[1] und Weber[2], gläserne Werkzeuge angegeben und beschrieben, welche die Stelle einer solchen Pistole vertreten sollen, doch lassen sich solchen Apparaten keine starken Explosionen zumuthen. Wer zu spielen Lust hat, kann sich selbst mancherlei Einrichtungen erdenken, welche die äuſsere Gestalt der gewöhnlichen Feuergewehre haben. So beschreibt Weber[3] eine elektrische Kanone, und Wisshofer, Priester in Chiemsee[4], eine Flinte, völlig wie die gewöhnlichen, in deren Kolben ein geladenes Fläschchen verborgen und statt des Flintenschlosses ein Spannwerk angebracht ist, das durch den Drücker gelöst einen Stift gegen den Haken der Flasche führt und diese dadurch entladet[5]. *P.*

Planetarium.

Planetenmaschine; *machina planetaria*; *planétaire*; *orrery*[6]; ist eine mit Räderwerk versehene Maschine, an welcher Kugeln, welche die Planeten vorstellen, um die in der Mitte stehende Sonne in verhältniſsmäſsigen Entfernungen und in Zeiten, die ihren wahren Umlaufszeiten proportional sind, herumgeführt werden. Diese Darstellung der Bewe-

---

1 Abbildung und Beschreibung der elektrischen Pistole. Regensburg 1779. 4.

2 Abhandlung vom Luftelektrophor. 2te Aufl. Ulm 1779. 8.

3 A. a. O. S. 87.

4 Beschreibung einer elektrischen Flinte. Salzburg 1780. 8.

5 Vergl. Johann Ingenhouss Vermischte Schriften physisch-medicinischen Inhalts, übersetzt und herausgegeben von N. C. Molitor. Wien 1782. 8. Tib. Cavallo Abhandlung von der Natur und den Eigenschaften der Luft. Aus dem Engl. Leipzig 1783. gr. 8.

6 Ob der Name *orrery* von *orbitery* herkommt, wie Kästner glaubt, ist ungewiſs. Nach der Meinung Anderer soll Steele den Namen einer solchen Maschine, die ein Lord Orrery besaſs, gegeben haben.

Digitized by Google

gungen der Planeten kann allerdings für Lernende, welche die relativen Bewegungen der Planeten gegen die Erde, die Umstände, wodurch ihr scheinbares Vorwärtsgehn, ihr Rückwärtsgehn, ihr Stillstand u. s. w. bestimmt wird, kennen lernen wollen, von Nutzen seyn. Sind die Planetarien bloſs so eingerichtet, daſs sie nicht zugleich alle ihre Bewegungen fortsetzen, sondern einzeln mit der Hand fortgeschoben werden, so läſst sich dieses alles nur unvollkommener zeigen; aber man kann wenigstens die gegenseitigen Stellungen zu bestimmten Zeiten vor Augen legen. Um bloſs die Bewegung der Erde und des Mondes und die Stellungen des letztern gegen die Sonne darzustellen, läſst man in einer ähnlichen Maschine bloſs die Erde um die Sonne gehn, giebt ihr aber dann zugleich eine Axendrehung und fügt ihr den Mond bei, der während eines Umlaufs der Erde um die Sonne seine Umläufe um die Erde vollendet. Wenn hier, wie es sich gehört, die Umdrehungs-Axe der Erde die gehörige Neigung gegen die Ekliptik hat, so läſst sich die Länge und Kürze der Tage in verschiednen Jahreszeiten und an verschiednen Orten der Erde an solchen Maschinen recht wohl zeigen, nur ist es unmöglich, die Gröſse der Erde selbst in gehörigem Verhältnisse gegen die Entfernung darzustellen, und auf diese Abweichung muſs bei Erklärung der Erscheinungen einige Rücksicht genommen werden.

Nach einigen in den alten Schriftstellern vorkommenden Nachrichten[1] hat schon Archimedes ein Planetarium gebaut, wo eine Umdrehung alle Bewegungen der Sonne, des Mondes und der Planeten regirte. Posidonius hat eine ähnliche Darstellung der Bewegungen der Himmelskörper besessen[2]. In der spätern Zeit soll Boëthius eine solche Maschine gehabt haben. Einige im 16ten Jahrh. verfertigte Darstellungen der himmlischen Bewegungen erwähnt Martin[3]. Von Huyghens besitzen wir eine Beschreibung eines Planetariums[4]. Ferguson, Nollet, Martin haben gleichfalls Beschreibungen ähnlicher Maschinen geliefert[5].

---

1 Cic. Quaest. Tusc. I. 25.

2 Cic. de nat. Deor. II. 34.

3 Philos. Britannica. 3ter Th. S. 199 der Uebersetzung.

4 Descriptio automati planetarii, in den Operib. reliqu. Amst. 1728. Tom. II.

5 Ferguson's astronomy explained. Nollet leçons de phys. Martin philosophia britannica. II. 197.

Digitized by Google

In späterer Zeit sind manche solcher Maschinen verfertigt worden, wovon das Einzelne anzuführen wohl unnöthig ist[1].

B.

Planeten.

Planetae, stellae errantes; Planètes; *Planets.*

Die Sterne, welche keinen unveränderlichen Ort am Himmel einnehmen, erhielten den Namen *Planeten* (von *πλανάομαι*, herumirren) im Gegensatze gegen die *Fixsterne*; indeſs würde es sehr unpassend seyn, wenn man ihnen jetzt noch den Namen *Irrsterne* beilegen wollte, da ihre so sehr regelmäſsigen Bewegungen keineswegs gestatten, sie als regellos herumirrende zu bezeichnen; man wird daher den Namen *Planeten* lieber beibehalten, als den alten Irrthum dadurch, daſs man ihn ins Deutsche übersetzt, nooh mehr hervorheben.

In ältern Zeiten und nach dem Ptolemäischen Weltsysteme zählte man die Sonne und den Mond mit unter die Planeten, weil auch sie unter den Fixsternen, deren Lage gegen einander unveränderlich bleibt, eine immerfort sich ändernde Stellung einnehmen. Die neuern Astronomen bezeichnen dagegen nur diejenigen Weltkörper, die in Bahnen, welche wenig von einem Kreise abweichen, sich um die Sonne bewegen, mit dem Namen Planeten, der Mond dagegen wird, so wie die Monde des Jupiter, Saturn, Uranus, als ein Nebenplanet angesehn, weil er die Erde in ihrem Laufe um die Sonne begleitet.

Wir kennen jetzt zehn uns am Himmel sichtbare Hauptplaneten, die sich in elliptischen Bahnen um die Sonne bewegen. Sie alle sind dunkle Körper, die ihr Licht von der Sonne empfangen; alle sind Körper von erheblicher Dichtigkeit und stellen sich uns so dar, daſs wir sie als feste Körper zu betrachten veranlaſst sind; dadurch unterscheiden sie sich von den Kometen, die nur selten einen genau kenntlichen, scharf begrenzten Kern, einem festen Körper gleichend, darbieten, dagegen aber mit einer weit ausgedehnten durchsichtigen Mate-

---

1 Van Swinden Beschreibung eines Planetarium, übers. v. Meyer. (Leipz. 1807.) Riedel die Verbindung der Sonne, der Erde und des Mondes in einem Modell dargestellt. Leipz. 1783. Gelpke kurze Darstellung des Weltgebäudes, nebst Anleitung zum Gebrauch seines Planetarii. Braunschw. 1809. Auch Garthe's Cosmoglobus gehört hieher.

Digitized by Google

rie umgeben sind. Unter diesen zehn Planeten sind fünf, *Mercurius*, *Venus*, *Mars*, *Jupiter*, *Saturn*, welche sich leicht dem bloſsen Auge darbieten, schon seit den ältesten Zeiten bekannt gewesen; sie nebst Sonne und Mond waren die sieben Planeten der Alten, von denen auch die Wochentage ihre Namen haben[1]. Im Jahre 1781 entdeckte Herschel einen sechsten Planeten, den er *Uranus* nannte; 1801 entdeckte Piazzi einen siebenten Planeten *Ceres* und kurz nachher Olbers die Planeten *Pallas* und *Vesta*, Harding den Planeten *Juno*. Die vier letzteren war Herschel geneigt mit dem eigenen Namen *Asteroiden* zu belegen, weil sie sich von den übrigen Planeten durch ihre Kleinheit, durch eine mehr excentrische und mehr gegen die Ekliptik geneigte Bahn unterscheiden; aber diese Benennung hat, da doch diese Planeten in nichts Wesentlichem sich von den übrigen unterscheiden, keinen Beifall gefunden.

Da jedem dieser Planeten ein eigner Artikel gewidmet ist und von der Bahn der Planeten in dem Art. *Bahn*, von den Kräften, die ihre Bewegung bestimmen, in dem Art. *Centralkräfte* geredet worden ist, so können hier nur einige allgemeine Bemerkungen Platz finden.

Diejenigen Planeten heiſsen *untere Planeten*, welche der Sonne näher sind, als der von uns bewohnte Planet; *obere Planeten* sind dagegen diejenigen, welche einen gröſsern Abstand als die Erde von der Sonne haben. *Mercurius* und *Venus* sind die untern Planeten. An ihnen zeigt sich am deutlichsten, daſs die Planeten dunkle Körper sind, indem man sie ganz oder nur zum Theil erleuchtet sieht, je nachdem es ihre Stellung gegen die Sonne, wenn wir sie als dunkle, von der Sonne erleuchtete Kugeln betrachten, fordert[2]. Sie entfernen sich scheinbar nie sehr weit von der Sonne und erscheinen daher nur kurz vor Sonnen-Aufgang und kurz nach Sonnen-Untergang, weshalb sie auch zur einen Zeit als *Morgenstern*, zur andern als *Abendstern* bezeichnet werden; — Namen, die man vorzüglich der *Venus*, weil sie sich jedem Beobachter so leicht zeigt, beigelegt hat. Die oberen Planeten stehn bald der Sonne gegenüber, bald nähern sie sich der Sonne oder entfernen sich von ihr, und ihr scheinbarer Lauf ist anscheinend unregelmäſsig, aber es läſst

1 S. Art. *Woche*.
2 S. Art. *Phasen*.

Digitized by Google

ſich leicht zeigen, daſs die Bewegung der Erde um die Sonne die Urſache dieſer bloſs ſcheinbaren Unregelmäſsigkeiten iſt. Die Erde iſt nämlich ſelbſt ein *Planet* und bewegt ſich ebenſo wie die übrigen zehn Planeten um die Sonne. Alle bewegen ſich nach der Ordnung oder Folge der Zeichen um dieſelbe; aber ihre relative Bewegung gegen die bewegte Erde iſt zuweilen eine *rückläufige*, wenn die Erde dem Planeten voraus eilt und ihn daher in Vergleichung gegen die Fixſterne hinter ſich zurückzulaſſen ſcheint. Dieſe ſcheinbaren Bewegungen erklären ſich vollſtändig, wenn man ſich daran erinnert, daſs die Fixſterne ſo weit entfernt ſind, daſs wir ihre Strahlen, ſelbſt wenn wir uns an entgegengeſetzten Puncten der Erdbahn befinden, als in parallelen Richtungen zu uns gelangend anſehn können.
Fig. 68. Es ſey S die Sonne, abcd die Erdbahn, ABCD die Marsbahn. Da die Erde in 12 Monaten, der Mars ungefähr in 23 Monaten die ganze Bahn durchläuft, ſo gelangen beide Körper, wenn ſie ſich einmal gleichzeitig in a und A befanden, am Ende des erſten Monates nach b und B, am Ende des zweiten Monates nach c und C, am Ende des vierten nach d und D, am Ende des ſechsten nach e und E u. ſ. w. Als die Erde ſich in a befand, ſtand Mars in A der Sonne gegenüber, und ein Fixſtern, der in der Richtung aZ ſteht, muſste nahe bei dem Mars erſcheinen. Da nun alle Planeten ſich von A nach B rechtläufig fortbewegen, ſo nennen wir die ſcheinbare Bewegung des Mars eine *rechtläufige*, wenn er von dem Fixſterne Z nach der linken Seite rückt, und eine *rückläufige*, wenn er nach der rechten Seite fortgeht. Aber während die Erde nach b, der Mars nach B gelangt, findet das Letztere ſtatt, indem offenbar der Stern Z in der von b aus mit aZ parallel gezogenen Linie bz erſcheint, von welcher rechts entfernt der Mars ſeine Stellung hat. Mars iſt alſo um die Zeit der Oppoſition rückläufig. Bei der Stellung der Erde in b iſt der Mars nicht mehr der Sonne genau gegenüber, ſondern ein in der Richtung bY ſtehender Stern culminirt um Mitternacht, der Mars nähert ſich alſo zur Mitternachtszeit ſchon dem Untergange oder ſteht am weſtlichen Himmel, da die vorangehenden Zeichen, zu denen er fortgerückt iſt, rechts oder weſtlich ſtehn. Am Ende des zweiten Monates iſt die Erde in c, der Mars in C, und da die Linien bB, cC ziemlich nahe parallel ſind, ſo hat die rückläufige Bewegung des Mars aufgehört, ſie hat nur in dem erſten Theile

Digitized by Google

des Monates noch fortgedauert und ist dann, nachdem der Mars einige Tage als *stillstehend* (*stationarius*) erschienen war, in eine rechtläufige übergegangen. Am Ende des vierten Monates steht die Erde in d, der Mars in D; in diesen zwei Monaten ist er rechtläufig so weit vorwärts gerückt, als es der Winkel, den die Linien c C, d D mit einander machen, angiebt; die Richtung nach der Sonne macht mit der Richtung nach dem Mars ungefähr einen Winkel von 90° und der Mars steht also ungefähr schon bei Sonnen-Untergang im Meridiane oder geht um Mitternacht unter. Um nun die weitere scheinbare Bewegung des Mars zu verfolgen, hat man nur nöthig, die Linien e E, f F, g G zu ziehn, die jede einem zwei Monate später eintretenden Zeitpuncte entsprechen. Hierdurch zeigt sich, daſs am Ende des zehnten Monates, wo die Erde in g ist, der Mars noch nicht einen halben scheinbaren Umlauf um den Himmel beendigt hat; denn der Stern Z, der in der Richtung g z′ erscheint, steht ihm noch nicht gegenüber; aber der Sonne ist er scheinbar sehr nahe, indem er nur um den Winkel G g S von ihr entfernt steht; er erscheint noch immer am Abendhimmel, weil der gegen Sonne und Mars gekehrte Beobachter die Sonne rechts vom Mars, also westlich vom Mars sieht, so daſs die Sonne schon untergeht, während der Mars noch am Abendhimmel sichtbar ist. Um diese Zeit beträgt die Entfernung g G von der Erde bis zum Mars mehr als den viermaligen Abstand zur Zeit der Opposition, und der Mars erscheint daher sehr klein in Vergleichung gegen die Gröſse, die er zur Zeit der Opposition hatte. Am Ende des zwölften Monates zeigt die Linie h H, daſs Mars jetzt etwas mehr als einen halben Umlauf um den Himmel beendigt hat, indem der Stern Z ihm beinahe noch gerade gegenübersteht; durch die Conjunction mit der Sonne ist er noch nicht gegangen, indem ein Beobachter in h die Sonne noch ein wenig rechts von H sieht. Am Ende des vierzehnten Monates dagegen erscheint Mars am Morgenhimmel, da der Beobachter in i die Sonne S links vom Mars I erblickt, also die Sonne aufgehend, während Mars schon am östlichen Himmel zu sehn ist. Die Fortsetzung dieser Betrachtung zeigt, daſs der Mars wieder rückläufig wird kurz vor der Opposition und daſs sich dann die Folge der Erscheinungen ebenso wiederholt.

Die Erscheinungen der rechtläufigen und rückläufigen Bewegung der übrigen obern Planeten erklärt sich ebenso, und

Digitized by Google

wenn man eine richtige Darstellung ihrer Bahnen entwirft, so läſst sich sowohl die Zeit, wie lange jeder rückläufig ist, als auch die Gröſse des Bogens, den er scheinbar rückgängig durchläuft, angegeben; weil aber alle Bahnen elliptisch sind und vorzüglich die des Mars sich erheblich vom Kreise entfernt, so hängen diese Erscheinungen beim Mars am meisten mit davon ab, ob er zur Zeit der Sonnennähe oder der Sonnenferne sich in Opposition mit der Sonne befindet.

Die scheinbare Bewegung der untern Planeten ergiebt sich aus einer ganz ähnlichen Betrachtung. Die Venus ist ungefähr ¾ mal so weit als die Erde von der Sonne entfernt und durchläuft ihre Bahn in 7½ Monaten. Theilt man daher die Erdbahn in
Fig. 69. 8 Theile, die Venusbahn in 5 Theile, so sind dieses ungefähr Theile, die gleichzeitig in 1½ Monaten durchlaufen werden. Es sey abcd die Erdbahn, ABCD die Venusbahn, so stellen ab, AB wieder Bogen vor, die gleichzeitig durchlaufen werden, ab, bc und AB, BC, in ¾ Monat, cd, de und CD, DE in 1½ Monaten. War nun die Venus in A, als sich die Erde in a befand, so war jene dort in der untern Conjunction mit der Sonne. Nach dem Zeitraume von ¾ Monat ist die Venus nach B, die Erde nach b gekommen und in Beziehung auf Fixsterne, die in der Richtung AS stehn, ist die Venus rückläufig fortgegangen, indem sie, wenn der Beobachter in b gegen jenen Fixstern, der in der Richtung bs steht, gekehrt ist, ihm rechts von diesem Sterne erscheint. Zugleich ist sie Morgenstern geworden; denn wenn der Beobachter nach S sieht, so erscheint ihm die Sonne links von der Venus, also diese schon am Morgenhimmel, wenn die Sonne aufgeht. Sind 1½ Monate nach der Conjunction verflossen, so ist die Venus schon wieder rechtläufig; denn der Stern, bei welchem die Venus stand, als die Erde in b war, wird von c aus in einer mit bB parallelen Richtung gesehn, und die Venus erscheint nun in der Richtung cC links, also östlich von diesem Sterne. Unterdeſs ist auch der Winkel ScC, den die nach der Sonne und nach der Venus gezogenen Linien mit einander machen, gröſser geworden, das heiſst, die Venus hat sich scheinbar von der Sonne entfernt. Sie erlangt ihre gröſste Elongation von der Sonne, wenn die von der Erde zur Venus gezogene Linie eine Tangente der Venusbahn ist, und die Zeichnung läſst wahrnehmen, daſs dieses ungefähr 2½ Monate nach der Conjunction statt finden wird, etwas früher als die Erde nach

Digitized by Google

d, die Venus nach D gelangt. Am Ende des sechsten Monates steht die Venus in F, die Erde in f, und der Abstand der Venus von der Sonne ist schon kleiner geworden, gleich dem Winkel SfF, immer aber ist die Venus noch Morgenstern. Nach neun Monaten sind h, H die Standpuncte beider Weltkörper, so daſs nun die Venus ziemlich nahe zu ihrer obern Conjunction gelangt ist oder sich jenseit der Sonne befindet, worauf dann ihre Erscheinung am Abendhimmel als Abendstern folgt.

Diese Nachweisungen, die sich bei genauer Beobachtung noch vollkommener bestätigen, sind gewiſs zureichend, um zu zeigen, daſs die Erde sich wie die Planeten um die Sonne bewegt und daſs jene also selbst unter die Planeten zu rechnen ist. Auch in der Natur dieser Körper scheint sofern eine Uebereinstimmung mit der Erde zu seyn, als auch der Mars wohl gewiſs und vermuthlich auch die übrigen Planeten mit einer Atmosphäre umgeben sind, als man Grund hat, Berge auf der Venus anzunehmen u. s. w.

Daſs man indeſs die Uebereinstimmung zwischen der natürlichen Beschaffenheit der Planeten nicht als vollkommen ansehn dürfe, versteht sich wohl von selbst, da ihre ungleiche Erleuchtung und die davon abhängenden übrigen Einwirkungen der Sonne gewiſs mannichfaltige Verschiedenheiten hervorbringen und auch voraussetzen. Da über diese Uebereinstimmung und Verschiedenheit bei jedem einzelnen Planeten das Wichtigste erwähnt ist, so führe ich hier nur eine Verschiedenheit an, deren nähere Bestimmung für die Bewohner der Erde nicht unmöglich ist, nämlich die ungleiche Fähigkeit der Planeten das Licht zurück zu werfen. Wenn wir den gesammten Glanz, mit welchem ein bestimmter Planet, dessen Gröſse und dessen Entfernung von uns und von der Sonne wir kennen, sich unserm Auge darstellen muſs, berechnen wollen, so kann dieses nur dadurch geschehn, daſs wir seine *Weiſse,* die verhältniſsmäſsige Lichtmenge, die er von dem empfangenen Lichte zurückwirft, als bekannt voraussetzen. Suchen wir alsdann den beobachteten Glanz mit dem so berechneten zu vergleichen, so ergiebt sich, ob jene vorausgesetzte Weiſse richtig angenommen war. Die Vergleichung findet dadurch statt, daſs man entweder zwei Planeten, zum Beispiel Jupiter und Venus, oder Saturn und Mars, in Zeitpuncten, wo sie dem Auge gleich erscheinen, beobachtet, oder daſs man ihr Licht mit Fixsternen vergleicht; und diese Vergleichungen schei-

Digitized by Google

nen allerdings zu ergeben, daſs man den obern Planeten ein gröſseres Vermögen das Licht zurückzuwerfen, eine gröſsere Weiſse beilegen muſs[1].

Ueber die Frage, warum alle Planeten sich nach einerlei Richtung um die Sonne bewegen und in Bahnen, deren Ebenen nicht so gar sehr gegen einander geneigt sind, hat man mancherlei Vermuthungen aufgestellt. Daſs diese Uebereinstimmung einen bestimmten Grund haben muſs, ist offenbar, da nicht bloſs 11 Hauptplaneten und 12 Nebenplaneten (wenn ich auch die des Uranus nicht mit rechne, weil ihre Bahnen beinahe senkrecht gegen jene Ebenen sind) eben die Richtung befolgen, sondern auch die Rotationen der Sonne und der Planeten, so weit wir die letztern kennen, nach der Ordnung der Zeichen gehn. Man hat daher Grund anzunehmen, daſs in der frühsten Bildung unsers Sonnensystems die Ursache dieser Uebereinstimmung zu suchen sey. Da wir so wenig von den Umständen wissen, die damals statt gefunden haben, so kann eine Hypothese, die zur Erklärung dienen soll, nur auf einige Wahrscheinlichkeit Anspruch machen, und dieses ist wenigstens in einigem Grade bei der von Laplace aufgestellten Hypothese der Fall. Büffon hatte angenommen, daſs ein Komet Theile der Sonne abgerissen und so, indem diese sich in verschiedenen Kugeln vereinigten, die Veranlassung zur Entstehung der Planeten gegeben habe. Diese Hypothese erklärt allerdings, warum die Ebenen der Planetenbahnen ziemlich nahe zusammenfallen und warum alle sich nach einerlei Richtung um die Sonne bewegen; aber die geringe Excentricität ihrer Bahnen ist nicht mit Büffon's Meinung vereinbar. Laplace dagegen glaubt, die Materie der Sonne und der Planeten sey früher in einen groſsen Raum, der alle uns bekannte Planetenbahnen umfaſste, gleich einer Atmosphäre ausgebreitet gewesen; an der Grenze dieser Atmosphäre habe sich ein Planet, vielleicht indem die Abkühlung die materiellen Theilchen hier einander näher brachte, gebildet und jene Atmosphäre habe nun eine engere Begrenzung erhalten, an deren Umfange ein zweiter und ebenso ein dritter Planet u. s. w. entstand. Waren so aus einer mit der Sonne oder um sie rotirenden Atmosphäre Planetenkugeln condensirt, so muſsten diese alle eine Bewegung

---

1 S. Art. *Erleuchtung*. Bd. III. S. 1162. u. Brandes Vorles. üb. d. Astronomie Th. II. S. 85.

Digitized by Google

nach gleicher Richtung annehmen und sich in Bahnen, die wenig excentrisch waren und wenig gegen einander geneigt, um die Sonne bewegen. Auch die Rotation der Planeten nach eben der Richtung, glaubt Laplace, folge hieraus, und wenn man dieses annimmt und zugleich als wahrscheinlich voraussetzt, daſs die Planeten bei ihrer allmäligen Condensirung ebenso Monde, entfernt von ihrer Oberfläche, zurückließsen, wie es so eben von der Sonne hinsichtlich der Planeten angenommen wurde, so muſsten auch diese eine rechtläufige Bewegung erhalten. Die Kometen, die etwa während jenes Zustandes der weit ausgedehnten Sonnen-Atmosphäre in diese eintraten, muſsten durch erlittenen Widerstand ihre Bewegung verlieren und sich mit der Sonne vereinigen; es blieben also nur diejenigen Kometen übrig, welche sich auſserhalb jenes atmosphärischen Flüssigen befanden, und da unter diesen nur diejenigen uns sichtbar werden, welche sich in irgend einem Theile ihrer Bahn der Sonne sehr nähern, so kennen wir nur Kometen, deren Bahnen sehr excentrisch sind. Von den Kometen, die jetzt sehr kurze Umlaufsperioden haben und sich nicht so sehr weit entfernen, müſste man nun wohl annehmen, daſs sie erst durch spätere Störungen in dieser engen Bahn ihre Umläufe zu vollenden angefangen hätten, während jener Zeit aber auch gar nicht bis in die Grenzen jener rotirenden Materie hereingekommen wären[1].

Da wir so durchaus nichts von der Ausbildung eines Sonnen- und Planetensystems wissen und nur durch die Beobachtung der Nebelflecke zu der entfernten Vermuthung geleitet werden, daſs eine allmälige Condensirung einer sehr fein vertheilten Materie im Weltraume statt finden möge, so ist es sehr unsicher, welchen Grad der Wahrscheinlichkeit man dieser Hypothese beilegen darf, und die Bewohner der Erde werden vielleicht nie über das, was sich vor einer unabsehbaren Reihe von Jahrhunderten mag zugetragen haben, mit einigem Grade von Sicherheit urtheilen können. Dagegen haben wir allen Grund anzunehmen, daſs der jetzige Zustand des Planetensystems für eine unermeſsliche Dauer im Wesentlichen ungeändert bleiben wird und daſs die Perturbationen in diesem Zustande keine wesentliche Aenderungen hervorzubringen vermögen[2]. *B.*

1 Laplace exposit. du syst. du monde. p. 389. S. auch den Art. *Geologie.* Bd. IV. S. 1243.

2 S. Art. *Perturbationen.*

Platin.

Platinum; Platine; *Platinum*. Die in Flüssen Südamerica's gefundenen Metallkörner, die von dem spanischen Worte Plata (Silber) den Namen Platiña erhielten, kamen zuerst 1741 nach Europa, wo man bald erkannte, daſs der Hauptbestandtheil dieser rohen Platina oder des Platinerzes ein eigenthümliches Metall, das Platin, sey, neben welchem darin später auſser mehreren bereits bekannten Metallen durch Wollaston das Palladium und Rhodium und durch Smithson Tennant das Iridium und Osmium entdeckt wurden. Die Darstellung des reinen Platins besteht im Allgemeinen darin, daſs man das Platinerz in Salpetersalzsäure löst, die Lösung durch Salmiak fällt und den ausgewaschenen Niederschlag, der eine Verbindung von Salmiak und Chlorplatin ist, der Glühhitze aussetzt. Hierbei bleibt das Platin in einem lockern, grauen Zustande als *schwammiges Platin* oder *Platinschwamm*; um es dicht vereinigt zu erhalten, kann man es im Kleinen durch die mit Sauerstoffgas angefachte Flamme des Weingeistes, Aethers oder Wasserstoffgases schmelzen. Zur Vereinigung gröſserer Massen bedient man sich jetzt des Verfahrens von Wollaston, nach welchem das schwammige Platin zart gerieben, in einem Cylinder gepreſst und einer anhaltenden Glühhitze ausgesetzt wird, wobei es hinreichend zusammenschweiſst, um dann durch Schmieden völlig verdichtet werden zu können. Früher schmelzte man das Platin mit Arsenik zusammen, entfernte letzteres durch Glühen an der Luft und vereinigte das in porösem Zustande zurückbleibende Platin durch Schmieden.

Das zu einer dichten Masse vereinigte Platin ist nicht ganz so weiſs wie Silber, härter als Kupfer und weicher als Eisen, läſst sich in sehr dünnen Draht ausziehn, zeigt ein specifisches Gewicht von 21,53 und schmilzt nicht im heftigsten Essenfeuer, wohl aber in einer durch Sauerstoffgas angefachten Flamme des Weingeistes, Aethers und Wasserstoffgases und im Kreise einer starken Volta'schen Säule. Das oben erwähnte schwammige Platin ist grau und glanzlos, weich und zerreiblich, jedoch auch schon von dem specifischen Gewichte 21,47. Fällt man gewisse Platinsalze durch Erhitzung mit Weingeist und andern organischen Stoffen, so erhält man das Platin in einem noch feiner vertheilten Zustande als *Platinschwarz* oder *Platinmohr*, in wel-

chem es ein zartes schwarzes Pulver darstellt, welches das dem Platin zukommende Vermögen, die Verbindung brennbarer Stoffe mit Sauerstoff bei niederer Temperatur einzuleiten, im höchsten Grade besitzt.

Das Platin bildet mit Sauerstoff ein Oxydul und ein Oxyd.

Das Platinoxydul (98,7 Platin auf 8 Sauerstoff) entsteht bei der Verbrennung des Platins, welche bei dessen Schmelzung statt hat und mit Funkensprühen verbunden ist; das Oxydul ist schmutziggrün oder grau, bildet ein schwarzes Hydrat und dunkelbraune Salze.

Das Platinoxyd (98, 7 Platin auf 16 Sauerstoff) ist schwarz, wird in der Glühhitze unter Sauerstoffgasentwickelung zu Metall reducirt und bildet mit Wasser ein rostfarbenes Hydrat und mit Säure braune Salze, welche durch Phosphor und die meisten Metalle regulinisch, durch Hydrothionsäure braun und durch Salmiak und salzsaures Kali gelb gefällt werden.

Das Platin löst sich langsam in Salpetersalzsäure zu der gewöhnlichen Platinlösung oder zu salzsaurem Platinoxyd. Diese dunkelbraune Lösung läſst nach völligem Abdampfen das *Doppel-Chlorplatin* (98, 7 Platin auf 72 Chlor) als eine rothbraune Masse zurück. Dieses geht bei längerem Erhitzen in grüngraues, nicht in Wasser lösliches, *Einfach-Chlorplatin* (98, 7 Platin auf 36 Chlor) und bei stärkerem Erhitzen in metallisches Platin über. Das doppelte Chlorplatin ist mit Salmiak und einigen Chlormetallen verbindbar; die Verbindung mit ersterem und mit Chlorkalium ist schwer in Wasser löslich und fällt daher beim Versetzen des salzsauren Platinoxyds mit salzsaurem Amoniak oder Kali gröſstentheils nieder, als ein gelbes Pulver, wenig in heiſsem Wasser löslich und daraus in Oktaedern anschieſsend. Auch mit Brom, Selen, Schwefel und Phosphor ist das Platin verbindbar, so wie mit vielen Metallen, zu strengflüssigen Legirungen.

G.

Pneumatik.

Aërodynamik., Aërometrie; *Pneumatica; Pneumatique; Pneumatics.*

Unter Pneumatik (von πνεῦμα, Luft, Gas) verstehn die Schriftsteller die Lehre von der Bewegung elastisch- oder expansibel-flüssiger Körper, und es werden diesemnach die sämmt-

lichen mechanischen Gesetze der letzteren eben so unter diesem Ausdrucke begriffen, als die der tropfbar flüssigen, nicht merklich zusammendrückbaren, unter dem Namen *Hydrodynamik.* Bei den Franzosen ist diese Bezeichnung wenig gebräuchlich, bei den Engländern desto mehr, die sogar nicht selten[1] die ganze Aërostatik mit darunter begreifen. Unter den Deutschen hat insbesondere Karsten[2] die Lehre von der Bewegung elastisch-flüssiger Körper unter diesem Titel abgehandelt, so daſs die gesammten statischen und mechanischen Gesetze der letzteren unter die zwei Abschnitte: *Aërostatik* und *Pneumatik* fallen, welche Eintheilung auch in diesem Werke angenommen ist, statt daſs andere Schriftsteller das Ganze unter *Aërometrie* zusammenfassen. Man könnte nach der Analogie der für tropfbare Flüssigkeiten angenommenen Abtheilungen von *Hydrostatik*, *Hydraulik* und *Hydrodynamik* auch noch eine dritte, nämlich *Aërodynamik*, hinzufügen, allein die beiden genannten reichen, hauptsächlich wegen der Vieldeutigkeit des Ausdrucks *Pneumatik*, vollkommen hin. Aus der Aehnlichkeit dieser für die Flüssigkeiten überhaupt gewählten Bezeichnungen, denen selbst noch das nicht gebräuchliche *Aërotechnik* hinzugefügt werden könnte[3], und der bereits feststehenden Bestimmung der für das Verhalten der tropfbaren Flüssigkeiten angenommenen Kunstausdrücke ergiebt sich dann von selbst, was unter Pneumatik zu verstehn sey, nämlich *die Lehre von der Bewegung der elastischen oder expansibeln Flüssigkeiten.* Das Wichtigste hierunter gehörige läſst sich füglich in drei Abtheilungen zusammenfassen, nämlich zuerst über die Bewegung dieser Körper im Allgemeinen, zweitens über das Fortflieſsen derselben durch Oeffnungen und Röhren, und drittens über die Kraft, womit dieselben gegen andere Körper stoſsen. Hierbei bleibt jedoch die Wellenbewegung derselben, vermöge deren der Schall in ihnen erzeugt und fortgepflanzt wird, als Gegenstand einer besondern Untersuchung ganz unberücksichtigt.

---

1 Z. B. Playfair in seinen Elements of Nat. Phil., Barlow in der Encyclopaedia metropolitana u. a.

2 Lehrbegriff der gesammten Math. Greifsw. 1771. 8. Th. VI.

3 Die Aufnahme dieses Ausdrucks, welcher dem bereits gangbaren *Hydrotechnik* correspondiren würde, ist auf jeden Fall nicht rathsam, denn er ist übel gebildet und zugleich überflüssig.

Digitized by Google

A. Bewegung gasförmiger Körper im Allgemeinen.

Es ist auſserordentlich schwer, die Gesetze der Bewegung elastisch-flüssiger Körper mit der erforderlichen Schärfe aufzufinden, weil sich die hierbei zu berücksichtigenden Bedingungen der Elasticität und Dichtigkeit fortdauernd ändern und die Räume, in welche sich die Ströme derselben ergieſsen, in der Regel durch allmälige Anfüllung, den herbeiflieſsenden Massen keine freie Aufnahme gestatten, die mannigfaltigen Hindernisse nicht zu erwähnen, welche aus der Adhäsion an benachbarte Körper oder Schichten von Gasarten, vielleicht auch durch die eigene wellenartige Bewegung im Innern dieser Ströme hervorgehn. Bisher hat daher die Analyse noch nicht vermocht, allen Bedingungen genügende Formeln für die Bewegungsgesetze der Gasarten aufzufinden, und muſs daher manche Probleme ganz ungelöst lassen oder sich mit genäherten Werthen begnügen. Inzwischen lassen sich auf folgende einfache Weise die wichtigsten Aufgaben so lösen, daſs dadurch die Theorie mit der Erfahrung in hinlänglich genaue Uebereinstimmung gebracht wird.

1) Wenn man eine verticale Säule irgend einer Flüssigkeit annimmt und sie ihrer Unterstützung beraubt, so daſs sie hiernach herabfallen müſste, so wird jede einzelne, willkürlich hoch angenommene Schicht derselben nicht bloſs für sich herabzufallen streben, sondern gleichzeitig auch von jeder höhern gedrückt werden, und die Hydrodynamik[1] lehrt daher, daſs bei stets gleichbleibender Länge der Säule diejenige Geschwindigkeit erzeugt werden müsse, welche ein von der Höhe derselben herabfallender Körper erlangen würde. Es ist aber die mittlere Geschwindigkeit eines freifallenden Körpers, wenn die Fallzeit nach Sexagesimalsecunden gemessen wird, dem Producte der Zeitdauer in den doppelten Fallraum während einer solchen Secunde gleich, oder $c = 2gt$, wenn c diese Geschwindigkeit, t die Zeit in Secunden und g den Fallraum während der ersten Secunde bezeichnet. Weil aber bei einer gleichmäſsig beschleunigten Geschwindigkeit die durchlaufenen Räume den Quadraten der Zeiten proportional sind oder, wenn dieser Raum s genannt wird, $s = t^2 g$ ist, so wird durch Substitution dieses Werthes[2]

$$c = 2\sqrt{gs}.$$

1 Vergl. *Hydrodynamik* Bd. V. S. 538.

2 Vergl. *Fall* Bd. IV. S. 6.

Hieraus folgt zunächst die Beantwortung der Frage, mit welcher Geschwindigkeit die Luft in den leeren Raum einströmt. Zu diesem Ende müſste die Höhe der atmosphärischen Luft bekannt seyn, um hieraus die Länge der herabflieſsenden Säule zu wissen; allein es ist zugleich zu berücksichtigen, daſs der hierbei aus der Hydrodynamik entlehnte Hauptsatz eine Flüssigkeitssäule von überall gleichmäſsiger Dichtigkeit voraussetzt, die in Anwendung kommende Luftsäule aber vermöge ihrer Elasticität zunehmend dünner wird. Es kann jedoch eine solche wirkliche Luftsäule leicht auf eine eingebildete von überall gleichmäſsiger Dichtigkeit reducirt werden, wenn man berücksichtigt, daſs die erstere einer Quecksilbersäule von gegebener Länge das Gleichgewicht hält[1]. Nehmen wir also die mittlere Höhe der Quecksilbersäule im Barometer in genähertem Werthe zu 28 par. Zollen oder $2\frac{1}{3}$ par. Fuſs an und das spec. Gewicht jenes Metalles[2] gegen Luft $= 10466$, so würde hiernach die Höhe der Luftsäule $10466 \times 2\frac{1}{3}$ oder nahe 24420 Fuſs betragen. Diese Gröſse wäre demnach der numerische Werth von s, und da man g genau genug zu 15 par. Fuſs annehmen kann, so giebt die Substitution dieser Werthe in die angegebene Formel die Geschwindigkeit der in den leeren Raum einströmenden Luft $= 1210$ par. Fuſs in einer Secunde.

2) Schon Dionysius Papinus[3] hat eine dieser ähnliche Bestimmung aufgefunden, wobei er jedoch von etwas abweichenden Bedingungen ausging, indem er annahm, daſs die Ausfluſsgeschwindigkeiten der Flüssigkeiten sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln ihrer Dichtigkeiten verhielten. Hiernach soll der atmosphärische Luftdruck einer Wassersäule von 33 Fuſs das Gleichgewicht halten und also eine Fallgeschwindigkeit von 45 Fuſs in einer Secunde erreichen, vermöge deren eine Wassersäule bis zu der angegebenen Höhe von 32 F. steigen würde. Ferner setzte er das spec. Gewicht des Wassers gegen Luft $= 840$ zu 1, und da hieraus die Quadratwurzeln $= 29 : 1$ sind, so wäre die Fallgeschwindigkeit oder die Geschwindigkeit des Einströmens der Luft in den leeren Raum $= 45 \times 29 = 1305$ Fuſs in einer Secunde, alles nach englischem Maſse genommen. Dieser

1 Vergl. *Atmosphäre* Bd. I. S. 443.
2 Vergl. *Gewicht, spec.* Bd. IV. S. 1531.
3 Phil. Trans. 1686. N. 184. T. XVI. p. 193.

Digitized by Google

Werth weicht zwar von dem oben gefundenen so merklich ab, daſs man hieraus auf eine Verschiedenheit der beiden zum Grunde liegenden Bedingungen schlieſsen könnte; allein dieses ist keineswegs der Fall, vielmehr sind die letzteren einander gleich, und die Abweichung ist bloſs Folge verschiedener Gröſsenbestimmungen. Es verhalten sich nämlich die Höhen der Säulen verschiedener Flüssigkeiten umgekehrt wie die spec. Gewichte, und da die Fallgeschwindigkeiten den Quadratwurzeln der Höhen proportional sind, so kann man statt der letzteren mit Papinus auch die spec. Gewichte annehmen. Wird daher die Barometerhöhe = 28 Zolle beibehalten und das spec. Gewicht des Quecksilbers[1] gegen Wasser = 13,5972 gesetzt, so beträgt die Höhe des Wasserbarometers nur 31,7268 par. Fuſs, welchem eine Fallgeschwindigkeit von 43,63 par. Fuſs zukommt. Um nun die Uebereinstimmung vollständig zu erhalten, muſs das spec. Gewicht der Luft gegen Wasser $= 1 : \frac{10466}{13,5972} = 1 : 769,78$ genommen werden, woraus die Quadratwurzel = 27,745 beträgt. Es ist aber $27,745 \times 43,63 = 1210$, genau wie oben. Wäre der mittlere Barometerstand = 338 Lin. statt 336 angenommen, so würde die gefundene Gröſse = 1217 Fuſs betragen, und 1218 Fuſs, wenn man das spec. Gewicht des Wassers im Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit gegen Luft bei 3°, 42 C. = 779,37 annimmt[2]. Da die Luft niemals als vollkommen trocken anzunehmen ist und durch ihren Dampfgehalt specifisch leichter wird, so möchte es am besten seyn, diese mehrfach in Anwendung kommende Fallgeschwindigkeit γ auf 1215 par. Fuſs in einer Sexagesimalsecunde festzusetzen.

3) Es giebt nur wenige Fälle, in denen man annehmen darf, daſs Luft in ein absolutes Vacuum frei (ohne durch eine enge Oeffnung zu dringen) einströmt, desto häufiger aber sind diejenigen Erscheinungen, bei denen die anzufüllenden Räume mehr oder minder verdünnte Gasarten enthalten, zuweilen von so geringer Dichtigkeit, daſs der von ihnen verursachte Widerstand füglich ganz vernachlässigt werden kann. Wenn man aber berücksichtigt, daſs auch die flüssigen Körper, so lange sie sich

1 Vergl. *Gewicht, spec.* Bd. IV. S. 1530.

2 Vergl. ebendas. S. 1510. Die daselbst für den Punct der gröſsten Dichtigkeit angenommene Temperatur weicht nur unmerklich von der aus meinen Versuchen abgeleiteten, nämlich 3°, 78... C., ab.

Digitized by Google

im widerstandleeren Raume bewegen, gegen jedes ihnen entgegenstehende Hinderniſs als hart anstoſsen müssen, wie sich dieses deutlich beim Anschlagen des Quecksilbers an die obere Wandung der torricelli'schen Röhre und beim Wasserhammer zeigt, so erklärt sich hieraus leicht der heftige Schall, das eigentliche Platzen, welches die in fast leere Räume einströmende Luft hervorbringt. Beispiele dieser Art geben verschlossene Büchsen, namentlich Pennale, deren Deckel man so schnell öffnet, daſs die darin enthaltene Luft bedeutend ausgedehnt wird, das Zerplatzen der *Knallbomben* (groſser hohler Gläskugeln, die im glühenden Zustande zugeblasen werden), wenn man sie auf einem Steine zerschellt, am auffallendsten aber alle Detonationen, namentlich die mit Knallgas gefüllten Seifenblasen oder Thierblasen, und auch die *elektrischen Pistolen* oder Kanonen. Bei den letzteren wird das eingeschlossene Gas (2 Th. Wasserstoffgas und 1 Th. Sauerstoffgas dem Volumen nach), welches an sich schon specifisch leichter und also auch dünner ist, als atmosphärische Luft, durch die bei seiner Entzündung stattfindende Glühhitze gleichzeitig in ein sehr Vielfaches seines ursprünglichen Volumens ausgedehnt und auch in Wasserdampf verwandelt, welcher nach dem Verluste der Expansionswärme in Wasser übergeht, dessen Volumen kaum den achthundertsten Theil des ursprünglichen der Gasmischung beträgt. Aus der Uebersicht dieser Gröſsen und der angegebenen Geschwindigkeit der einströmenden Luft erklärt sich dann leicht der heftige, dem Ohre empfindliche Knall, welchen die explodirenden Gasmischungen erzeugen. Unter die ähnlichen Phänomene gehört der Knall der abgebrannten Geschütze und im Kleinen das Klatschen der Peitschen, wie im Groſsen das Getöse des Donners und der zerplatzenden Feuerkugeln.

4) Die aus der Berechnung gefundene Geschwindigkeit von 1215 par. Fuſs in einer Secunde wird bedeutend gröſser, wenn die Luft durch Wärme ausgedehnt und also specifisch leichter ist, als bei 0° C. Hierbei kommt nicht sowohl die mittlere Temperatur der ganzen Luftsäule bis zur Grenze der Atmosphäre in Betrachtung, als vielmehr bloſs diejenige, welche dem untern Theile derselben eigen ist, indem dieser unter dem angenommenen Drucke steht, auch die vorausgesetzte Elasticität besitzt, ohne daſs die Beschaffenheit der obern Schichten hierbei einen unmittelbaren Einfluſs äuſsert. Angenommen also, daſs die Fluidität der Luft mit ihrer Ausdehnung durch Wärme gleich-

Digitized by Google

mäſsig wachse, so würde bei der möglichst hoch angenommenen Temperatur von 36° C. die Gröſse 1215 im Verhältniſs von $\frac{1 + 0{,}00375 \times 36}{1}$ zunehmen und also 1379 betragen. Aber auch bei dieser sehr groſsen Geschwindigkeit würde der oben[1] erwähnte Fall eintreten, daſs nämlich hinter einer geschossenen Kanonenkugel ein vollkommenes Vacuum entstände, da deren Anfangsgeschwindigkeit mindestens auf 1500 Fuſs gesetzt werden kann, folglich ihre Bewegung schneller ist als die der Luft, die in den erzeugten Raum wieder eindringt, wenn man den Einfluſs der vor der Kugel zusammengepreſsten Luft auſser Acht läſst, die zunächst seitwärts auszuweichen genöthigt wird.

5) Weit zahlreicher als die Erscheinungen des Einströmens der Luft in absolut leere Räume sind diejenigen, bei denen Luftmassen von gröſserer Dichtigkeit in Räume flieſsen, die mit Luft von geringerer Dichtigkeit erfüllt sind. In Beziehung auf diese folgt aus den bisher angestellten Betrachtungen, daſs die Geschwindigkeiten des Flieſsens den Quadratwurzeln aus den Dichtigkeiten proportional seyn müssen; indem man aber statt der letztern nach dem Boyle'schen Gesetze auch die Barometerstände nehmen kann, so folgt, daſs in diesen Fällen

$$c = 2\sqrt{gs}\sqrt{\frac{B-b}{B}} = \gamma\sqrt{\frac{B-b}{B}} = \gamma\sqrt{\left(1-\frac{b}{B}\right)}$$

seyn muſs, wenn B und b die ungleichen Barometerstände bezeichnen und γ in der oben angegebenen Bedeutung genommen wird. Substituirt man in dieser Formel für B und b die Werthe 28 und 27 Zolle, so folgt hieraus, daſs der Unterschied von 1 Zolle im Barometerstande eine Geschwindigkeit des Windes von 209,61 Fuſs erzeugen müſste, die vielleicht nie in der Wirklichkeit und auf jeden Fall nicht unter den angenommenen Bedingungen gefunden wird[2]. Die Ursache dieses Mangels an Ueber-

1 S. *Ballistik* Bd. I. S. 723.

2 J. E. C. Schmidt in seinem gehaltreichen Lehrbuche der math. und phys. Geographie Th. II. S. 340 meint, eine solche Geschwindigkeit der Luftströmung finde bloſs dann statt, wenn die Luft aus einer Höhle durch eine enge Oeffnung dringe, und findet dann durch Integralrechnung für den gewöhnlichen Wind $c = 1215\left(\frac{B-b}{B}\right)$, welches für die angenommenen Werthe nur 43,39 ... Fuſs geben würde, allein mir scheinen beide Sätze unzulässig zu seyn.

Digitized by Google

einstimmung ist nicht schwierig aufzufinden. Sollte nämlich die aus der Formel hervorgehende Geschwindigkeit der Luftströmung wirklich erfolgen, so müſsten die unter ungleichem Drucke befindlichen Luftsäulen unmittelbar neben einander stehn und selbst nach Ueberwindung der Trägheit diese ihre verschiedene Dichtigkeit unverändert beibehalten, was in der Wirklichkeit nicht statt finden kann. Dagegen finden wir den über einen bedeutenden Flächenraum verbreiteten Barometerstand erst in gröſserer Entfernung, und auch dann nur sehr allmälig, höher oder niedriger werdend, die Luft sinkt also nur zunehmend mehr und mehr herab, und hat auſserdem so manche Hindernisse ihrer Bewegung zu überwinden, daſs die aus der Erfahrung entnommene Geschwindigkeit hinter der aus den angegebenen Voraussetzungen berechneten bedeutend zurückbleibt, wie unter andern namentlich aus der durch herabfallende Schneelawinen erzeugten Luftströmung augenscheinlich folgt[1]. Allerdings findet nicht selten vor heftigen Gewitterstürmen ein nicht sehr weit verbreitetes plötzliches Sinken des Quecksilbers im Barometer statt, allein die Verbreitung erstreckt sich doch allezeit mit allmäliger Abnahme auf gröſsere Entfernungen, als daſs die angegebene Formel dabei streng in Anwendung kommen könnte.

6) Die meisten Strömungen in der Atmosphäre entstehn ohne Widerrede durch eine Veränderung der Elasticität und des Druckes solcher Luftsäulen, die man sich ohne bedeutenden Fehler als nahe vertical und einander parallel vorstellen kann, auch darf man mit Grunde behaupten, daſs in dem groſsen, die Erde umgebenden Luftmeere niemals völlige Ruhe herrscht, wie die unaufhörlichen Oscillationen sehr empfindlicher Barometer genugsam darthun. Hiermit ist aber keineswegs die Bedingung nothwendig verbunden, daſs die ungleich dichten Luftsäulen von der Oberfläche der Erde bis an die Grenze der Atmosphäre reichen, vielmehr ist dieses in der Regel nicht der Fall, wie auſser theoretischen Gründen unter andern namentlich aus der bekannten Erfahrung folgt, daſs in verschiedenen Höhen ungleiche, nicht selten sogar einander entgegengesetzte, Luftströmungen statt finden. Dagegen läſst sich leicht darthun, daſs sich in der Atmosphäre auſser den bereits erwähnten horizontalen Schichten[2]

1 Vergl. Art. *Wind.*

2 S. Art. *Erde* Bd. III. S. 1065.

Digitized by Google

auch lothrechte von ungleicher Dichtigkeit bilden können, die alsdann in Folge ihres gröſseren oder geringeren specifischen Gewichtes herabsinken oder aufsteigen müssen. Bei verschiedenen und also auch ungleich schweren Gasarten findet das bereits erörterte[1] merkwürdige Gesetz statt, daſs sie sogar den statischen Gesetzen zuwider sich vermengen, wodurch die Erzeugung einer Strömung gehindert wird; denn obgleich das schwerere kohlensaure Gas aus einem allmälig geneigten Glase in ein anderes, mit einem brennenden Lichte auf dem Boden versehenes, herabflieſst und das Licht auslöscht, und Wasserstoffgas sich über einem mit der Mündung aufwärts gerichteten Gefäſse anzünden läſst, auch atmosphärische Luft neben dem aufsteigenden Wasserstoffgas in das dieses letztere enthaltende Gefäſs einströmt und Knallgas bildet, so dauern doch alle diese Processe nur wenige Augenblicke und in nicht langer Zeit wird die Mengung vollständig bewirkt. Die einzige Ursache also, welche Luftströmungen durch ungleiche Dichtigkeit verticaler Luftschichten oder gröſserer Luftmassen bewirkt, ist die verschiedene Wärme, die übrigens nicht bloſs viele, sondern wohl im eigentlichen Sinne unablässige Fluthungen herbeiführt. Sobald nämlich irgend eine der vielen hierbei wirksamen Ursachen die Temperatur einer begrenzten Luftmasse erhöht oder vermindert, so muſs diese nach statischen Gesetzen aufsteigen oder herabsinken, weil das Gleichgewicht der Flüssigkeiten aufgehoben wird, sobald ihre Dichtigkeiten eine Aenderung erleiden, die wegen der starken Ausdehnung der Gasarten durch Wärme gerade bei expansibeln Flüssigkeiten nicht geringer seyn kann, sobald der Temperaturunterschied auch nur einige wenige Grade beträgt.

7) Inwiefern die Erzeugung der Winde auch aus dieser Ursache abzuleiten sey, wird in einem eigenen, diesem Gegenstande gewidmeten, Artikel näher untersucht werden, allein es ist zugleich an sich klar, daſs das Aufsteigen des Rauches (welcher wegen seines Gehaltes an Kohlenstoff und andern Bestandtheilen ohne Temperaturerhöhung specifisch schwerer als atmosphärische Luft seyn würde), der Luft über brennenden, glühenden oder nur heiſsen Körpern, der erwärmten Luft in Zimmern und noch mehr in Heizkammern und andere diesen ähnliche Erscheinungen aus dieser Ursache abzuleiten sind. Auf diesem Grunde beruhn

1 S. Art. *Atmosphäre* Bd. I. S. 485.

Digitized by Google

daher namentlich die Gesetze der Ventilation[1] und der Luftheizung[2]. In Beziehung auf diese letztere folgt aus den angestellten Betrachtungen von selbst, daſs jede specifisch schwerere Luftsäule auf gleiche Weise, als eine aus tropfbarer Flüssigkeit bestehende, herabsinken und gleich der letzteren eine der Quadratwurzel aus ihrer Höhe proportionale Geschwindigkeit erlangen müsse, welche also, wie oben,

$$c = 2\sqrt{gh}$$

seyn muſs. Weil dieselbe aber nicht durch ihr ganzes Gewicht, sondern bloſs durch den Ueberschuſs desselben über das der umgebenden Luftsäulen, die ihr das Gleichgewicht halten, herabsinken kann, dieser Ueberschuſs aber dem Unterschiede der Temperatur direct proportional ist, indem für die Gewichte beider $= p'$ und p und die Temperaturen derselben nach der hunderttheiligen Skale t' und t

$$p' : p = 1 + 0{,}00375\,t : 1 + 0{,}00375\,t',$$

so folgt, daſs $p' = p\,\dfrac{1 + 0{,}00375\,t}{1 + 0{,}00375\,t'}$ das Verhältniſs ihrer beiderseitigen Gewichte giebt. Wenn man aber berücksichtigt, daſs die Ausdehnung der Gasarten durch Wärme für alle Dichtigkeiten und Temperaturen derselben sich stets gleich bleibt, so läſst sich das Uebergewicht oder das relative Gewicht einer gegebenen Luftsäule leicht aus dem Unterschiede der Temperaturen finden, wonach also

$$c = 0{,}00375\,(t - t')\,2\sqrt{gh}$$

wird, wenn h die Höhe der durch die Temperatur $= t$ in Centesimalgraden ausgedehnten Luftsäule bezeichnet. Hierin bleibt c bejahend, wenn t' kleiner ist als t, und dann wird die Luftsäule herabsinken, wird dagegen verneinend, wenn der umgekehrte Fall statt findet, so daſs also die schwerere oder leichtere Luftsäule mit gleicher Geschwindigkeit ihrer durch den Temperaturunterschied bedingten ungleichen Dichtigkeit proportional herabsinkt oder aufsteigt.

8) Es kann bei den Erscheinungen dieser Art keinen bedeutenden Einfluſs haben, ob die in ihrem Gewichte durch Wärme veränderte Luftsäule von anderer atmosphärischer Luft umgeben oder in beliebige engere oder weitere Canäle eingeschlossen ist,

---

1 S. Art. *Ventilator*.

2 S. Art. *Luftheizung* Bd. V. S. 207.

Digitized by Google

und das Aufsteigen der durch die Sonnenstrahlen erwärmten Luftsäulen im Sommer, die Erhebung der leichteren Luftschichten in Zimmern von beliebigem Rauminhalte, das Ziehen der Camine und Schornsteine und alle diesen ähnliche Phänomene gehören also insgesammt unter eine und dieselbe Classe. Auſserdem unterliegt es wohl keinem Zweifel, daſs bei allen diesen Phänomenen die Geschwindigkeit nicht so groſs seyn kann, als sie aus den theoretischen Betrachtungen folgt, indem nicht sowohl die Adhäsion der bewegten Luftsäulen an den Wänden der Canäle oder den sie umgebenden Lufttheilchen, als vielmehr die Trägheit der verdrängten und also gleichzeitig in Bewegung gesetzten Luftmassen bedeutende Hindernisse erzeugt. Es scheint mir, als müsse aus theoretischen Gründen die Hälfte der erzeugten Kraft auf die Ueberwindung dieses letzteren Hindernisses verwandt werden, denn die bewegte Luftmasse muſs eine gleich groſse in Bewegung setzen, um den von ihr verlassenen Ort einzunehmen. Dehnt man diese Folgerung auf abermals andere Luftmassen aus und will man dabei zugleich auf die Trägheit der ruhenden und der bereits bewegten Massen Rücksicht nehmen, so führt die Untersuchung auf ein bis jetzt noch nicht gelöstes Problem. Aus der Erfahrung könnten zwar diejenigen Resultate indirect benutzt werden, welche man über den Widerstand expansibler Flüssigkeiten gegen bewegte Körper erhalten hat, allein dieses würde mit groſsen Schwierigkeiten verbunden seyn, directe Versuche hierüber sind mir aber keine bekannt, auſser denen, die durch G. G. Schmidt angestellt worden sind[1]. Dieser erhitzte vermittelst einer argand'schen Lampe die Luft in einer blechenen, von 17 bis zu 55 par. Fuſs zu verlängernden Röhre, bestimmte die Temperatur in derselben, wenn sie längere Zeit sich gleichbleibend geworden war, vermittelst eines Thermometers, und maſs dann die Geschwindigkeit der in ihr strömenden Luft mit einem in dieselbe eingesenkten Flugrädchen, dessen Umdrehungsmengen an einer Secundenuhr gemessen wurden, nachdem zuvor die Zahl seiner Umdrehungen bei einer Bewegung gegen die ruhende Luft mit einer gewissen Geschwindigkeit bestimmt war, indem sich fand, daſs ein Umlauf desselben einer Geschwindigkeit von 8,4 par. Zollen zugehörte. Drei Versuche ergaben nachher den des Widerstandes wegen er-

1 S. Hand- und Lehrbuch der Naturlehre. Gieſsen 1826. S. 215.

Digitized by Google

forderlichen beständigen Coefficienten mit unbedeutenden Abweichungen = 0,44; 0,42 und 0,43, also im Mittel = 0,43, so daſs also die angegebene Formel vollständig

$$c = 0{,}43 \times 0{,}00375\ (t - t')\ 2\sqrt{gh}$$

seyn muſs. Wollte man die gefundene Gröſse um 0,07 vermehren und für t—t′ lieber t″ setzen, so wäre einfach

$$c = 0{,}00375\ t''\ \sqrt{gh},$$

und wenn man für g seinen Werth = 15 Fuſs substituirt, erhält man die Geschwindigkeit der Strömungen in 1 Sexagesimalsecunde

$$c = 0{,}0145237\ t''\ \sqrt{h}$$

als bloſse Function der Höhe und des Temperatur-Unterschiedes. Uebrigens gehn die hierzu gehörigen Erscheinungen zu denen der zweiten Classe über, bei denen die Gasarten in Röhren und aus verschiedenen Oeffnungen strömen.

B. Bewegung gasförmiger Körper in Röhren und durch Oeffnungen.

1) Das Strömen der Luft und der Gasarten durch Röhren, desgleichen aus Oeffnungen von verschiedener Beschaffenheit, kommt namentlich bei den Gebläsen häufig in Betrachtung, und die Auffindung der hierbei statt findenden Gesetze hat daher eine groſse Menge theoretischer Untersuchungen und eine noch weit gröſsere von Versuchen veranlaſst. Rücksichtlich der erstern ist an sich klar, daſs die bereits angegebenen, für alle Flüssigkeiten gültigen Bestimmungen auch hierbei in Anwendung kommen müssen. Wenn man daher die Hindernisse der Bewegung nicht berücksichtigt, so wird auch für die hierzu gehörigen Fälle die oben aufgefundene Formel

$$c = 2\sqrt{gs\left(\frac{B-b}{B}\right)}$$

die Geschwindigkeit des Einströmens der unter stärkerm Drucke stehenden Gasarten in Räume, die mit weniger dichten erfüllt sind, angeben, wenn auch hier s die auf gleichmäſsige Dichtigkeit reducirte Höhe der atmosphärischen Luft und B, b die durch ungleichen Barometerstand ausgedrückten verschiedenen Dichtigkeiten bezeichnen. Es folgt hieraus unmittelbar, daſs für den veränderlichen Werth von $\frac{B-b}{B}$ oder $1-\frac{b}{B}$ die Geschwindigkeit in eben dem Verhältnisse kleiner werden muſs, in

Digitized by Google

welchem der Werth von b sich dem von B nähert, indem dieselbe von der oben für das Einströmen in den leeren Raum gefundenen Einheit bis auf 0 abnimmt, wenn b von 0 bis B wächst. Es kommt dieses im ganzen Umfange dann in Anwendung, wenn die unter gewöhnlichem atmosphärischen Drucke stehende Luft in Gefäſse durch eine kleine Oeffnung so einströmt, daſs diese allmälig damit angefüllt werden. In diesem Falle ist die Geschwindigkeit des Einströmens im Anfange

$$c = 2\sqrt{gs},$$

nach Verlauf der Zeit t aber, wenn die Dichtigkeit der einströmenden Luft durch B, die der im Gefäſse bereits vorhandenen durch b bezeichnet wird,

$$c = 2\sqrt{gs\left(1 - \frac{b}{B}\right)}.$$

Soll also die Zeit bestimmt werden, in welcher ein Gefäſs vom Inhalte = V durch eine Oeffnung von der Weite = m allmälig angefüllt wird, so sind die beiden letztern Gröſsen unveränderlich, dagegen wird c in eben dem Verhältnisse abnehmen, in welchem b wächst, und es ist also erforderlich, das Differential der Zeit zu bestimmen, in welchem ein Differential des gegebenen Raumes mit Luft von der Dichtigkeit der einströmenden angefüllt wird. Weil aber der Inhalt des Gefäſses = V unveränderlich ist, die Dichtigkeit der darin enthaltenen Luft dagegen mit der Zeit stets wächst, so haben wir für das Letztere V d b und für das Erstere

$$2\sqrt{gs\left(1 - \frac{b}{B}\right)}\,(B\,m\,dt) = m\,dt \times 2\sqrt{[gsB(B-b)]},$$

und da beide einander gleich seyn müssen,

$$m\,dt \times 2\sqrt{[gsB(B-b)]} = V\,db,$$

woraus dann

$$dt = \frac{V}{2m\sqrt{(gsB)}} \times \frac{db}{\sqrt{(B-b)}}$$

folgt. Die Integration giebt

$$t = -\frac{V}{m\sqrt{gsB}} \times [\sqrt{(B-b)} + C].$$

Zur Bestimmung der Constante darf man nur berücksichtigen, daſs für t = 0 auch b = 0 und $\sqrt{(B-b)} = \sqrt{B}$ wird, und so ist dann

$$t = \frac{V}{m\sqrt{gsB}} \times [\sqrt{B} - \sqrt{(B-b)}].$$

Für B = b hört die Bewegung auf, und dann ist

$$t = \frac{V\sqrt{B}}{m\sqrt{g\,s\,B}} = \frac{V}{m\sqrt{g\,s}}.$$

Setzt man hierin für $\sqrt{g\,s}$ den oben (A. 2.) gefundenen Werth $= \frac{1215}{2} = 607{,}5$ par. Fuſs, so giebt diese Substitution

$$t = \frac{V}{607{,}5\ m}.$$

Es sey daher z. B. ein Gefäſs von 10 Kub. Fuſs Inhalt gegeben, die Oeffnung des Einströmens betrage 1 Quadratzoll oder $\frac{1}{144}$ eines Quadratfuſses, die Dichtigkeit der einströmenden Luft als Einheit angenommen, so wäre die erforderliche Zeit $t = \frac{10}{\frac{1}{144} \times 607{,}5} = \frac{1440}{607{,}5} = 2{,}37$ Secunden. Wollte man aber die Zeit finden, in welcher die in dem Gefäſse befindliche Luft 0,75 der Dichtigkeit der einströmenden erreicht, so ist hiernach bloſs der Werth von $\sqrt{(B-b)}$ zu bestimmen. Dieser wird aber nach der Voraussetzung $= \sqrt{1-0{,}75} = \sqrt{0{,}25} = 0{,}5$ und es wäre also die erforderliche Zeit = 1,185 Secunden[1].

2) Wenn die Luft aus einem Raume unter constantem gröſsern Drucke in einen andern mit Luft unter constantem geringern Drucke durch eine gegebene Oeffnung ausströmt, wie dieses z. B. beim Blasen aus einem Windkasten in einen Ofen der Fall ist, so lassen sich die hierfür bestehenden Gesetze leicht auffinden. Wenn nämlich allgemein $2\sqrt{g\,s}$ wie oben $= \gamma$ genommen oder hierfür der gefundene Werth = 1215 par. Fuſs in einer Secunde gesetzt wird, so ergiebt sich aus dem Vorigen einfach, daſs die Geschwindigkeit der Strömung

$$c' = c\sqrt{\frac{B-b}{B}} = \gamma\sqrt{\frac{B-b}{B}} = 1215\sqrt{\frac{B-b}{B}}$$

seyn muſs. Wäre daher z. B. der gewöhnliche Luftdruck nach

---

1 Bei diesen und den folgenden Bernoulli'schen Formeln ist auf das ungleiche specifische Gewicht der Gasarten keine Rücksicht genommen und sie können daher nur für atmosphärische Luft gelten. Auch der Einfluſs der Temperatur ist unberücksichtigt geblieben und die gefundenen Gröſsen sind daher nur als genäherte zu betrachten. Für die wichtigern Anwendungen werden demnächst genauere mitgetheilt werden.

Digitized by Google

dem Barometerstande = b = 28 Zolle und würde die Luft auſserdem in dem gegebenen Raume noch durch 4 Zolle Quecksilber zusammengedrückt, so wäre ohne Rücksicht auf die Hindernisse der Bewegung

$$c' = 1215 \sqrt{\left(\frac{32-28}{32}\right)} = 1215 \sqrt{\frac{1}{8}} = 429{,}56 \text{ par. Fuſs}$$

in einer Secunde. Inzwischen ist eine solche Spannung, welche beiläufig ungefähr zwei Pfd. Druck gegen einen Quadratzoll, also 288 Pfd. gegen einen einzigen pariser Quadratfuſs ausüben würde, bei gewöhnlichen Gebläsen nicht wohl zu erhalten, indem sie bei diesen in der Regel nach dem Wasserbarometer gemessen wird und selten 12 Zolle Wasserhöhe mit einem Drucke von 70 Pfd. gegen einen Quadratfuſs erreicht. Beträgt dann nach der oben (A. 2.) mitgetheilten Angabe der mittlere Luftdruck in genähertem Werthe 32 par. Fuſs Wasser, die Spannung der Luft in dem Gefäſse 33 par. Fuſs, so wird

$$c' = 1215 \sqrt{\left(\frac{33-32}{33}\right)} = 1215 \sqrt{\frac{1}{33}} = 211{,}5 \text{ par. Fuſs},$$

wenn man die Hindernisse der Bewegung ganz unberücksichtigt läſst[1].

3) Wenn man sich ein mit Luft angefülltes Gefäſs vorstellt, welches überall verschlossen, an irgend einer Stelle aber mit einer Oeffnung versehn ist, durch welche die Luft in den leeren Raum ausströmen kann, so wird die Geschwindigkeit des Ausströmens nach den vorausgehenden Betrachtungen durch die Elasticität und Dichtigkeit der eingeschlossenen Flüssigkeit bedingt. Nachdem aber eine gewisse Menge des Gases ausgeflossen ist, ändert sich die Elasticität und zugleich die Dichtigkeit. Sind beide Gröſsen von der Art, wie sie der atmosphärischen Luft zugehören, so ist hiernach die Ausfluſsgeschwindigkeit, wie oben, anfangs = 1215 Fuſs in einer Secunde; nimmt aber die Elasticität nach dem Ausströmen eines Theiles diesem verhältniſsmäſsig ab, so würde die Geschwindigkeit vermindert

---

1 Vergl. *Gebläse* Bd. IV. S. 1144. In dem dort berechneten Beispiele, wobei ganz andere Gröſsen zum Grunde liegen, ist eine Druckhöhe von 4 Fuſs angenommen. Diese giebt nach der oben mitgetheilten Formel berechnet 405 F. Geschwindigkeit, und mit dem dort angenommenen beständigen Coefficienten = 0,7 nur 283,5 par. F., welches von dem dort gefundenen Werthe = 292 F. nur um 8,5 F. abweicht.

Digitized by Google

werden, wenn nicht gleichzeitig nach dem Boyle'schen Geſetze die Dichtigkeit in gleichem Verhältniſse abnähme. Indem daher bei der Abnahme der Elaſticität als der bewegenden Kraft zugleich die Dichtigkeit und ſomit auch die zu bewegende Maſse auf gleiche Weiſe vermindert werden, ſo folgt, daſs in dieſem Falle die Ausfluſsgeſchwindigkeit ſich ſtets gleich bleiben muſs, wenn man die Hinderniſſe der Bewegung nicht berückſichtigt.

4) Wenn eine Gasart von gegebener Dichtigkeit aus einem Gefäſse durch eine Oeffnung in den leeren Raum abflieſst, ſo wird hierzu eine gewiſſe Zeit erfordert, die Dichtigkeit der eingeſchloſſenen Luft ändert ſich und auf gleiche Weiſe die eingeſchloſſene Maſſe. Soll dann die Zeit beſtimmt werden, während welcher die Elaſticität und Dichtigkeit der eingeſchloſſenen Luft von B bis b abnimmt, wenn der Querſchnitt der Ausfluſsöffnung $= m$ und der Inhalt des Gefäſses $= V$ iſt, ſo iſt oben bereits gefunden worden, daſs für die Spannung der atmoſphäriſchen Luft als Einheit angenommen in dem Differentiale der Zeit $= dt$ der mit Luft erfüllte Raum $m\,dt \times 2\sqrt{gs}$ ausgeleert wird (B. 1.). Da aber die Geſchwindigkeit c ſich nicht ändert, wie oben gezeigt wurde, ſo iſt die bis zur Dichtigkeit b herabgekommene Luftmenge $= m\,b\,dt \times 2\sqrt{gs}$. Vor dem Ausſtrömen war dieſelbe $= VB$, nach dem Ausſtrömen aber $= Vb$, und die ausgefloſſene Luftmenge alſo $= VB - Vb$, alſo für das Differential der Zeit $dt = -V\,db$. Hieraus folgt, daſs

$$m\,b\,dt \times 2\sqrt{gs} = -V\,db$$

ſeyn muſs, wonach alſo

$$dt = \frac{-V\,db}{m\,b \times 2\sqrt{gs}} = \frac{V}{m \times 2\sqrt{gs}} \times -\frac{db}{b}$$

ſeyn muſs. Das Integral hiervon giebt

$$t = -\frac{V}{m \times 2\sqrt{gs}} \text{ log. nat. } b + \text{Const.}$$

Um dieſes vollſtändig zu haben, darf man nur berückſichtigen, daſs für $t = 0$ auch $b = B$, alſo log. nat. $\frac{B}{b} =$ log. nat. $1 = 0$ wird, wonach alſo

$$t = \frac{V}{m \times 2\sqrt{gs}} \text{ log. nat. } \frac{B}{b}$$

wird.

5) Ungleich häufiger kommt der Fall vor, daſs die eingeſchloſſene, unter einem höhern Drucke ſtehende Luft nach Au-

Digitized by Google

ſsen in die atmosphäriſche Luft, entweicht, deren Dichtigkeit als unveränderlich zu betrachten iſt. Soll dann die zum Ausſtrömen erforderliche Zeit gefunden werden, ſo ſey die anfängliche Dichtigkeit der im Gefäſse zuſammengedrückten Luft $= D$, die verminderte nach dem Ausſtrömen während einer gegebenen Zeit $= B$, die der atmosphäriſchen $= b$, und es folgt dann aus dem Vorhergehenden (B. 1.), daſs

$$c' = c\sqrt{\frac{D(B-b)}{B(D-b)}}$$

ſeyn und die Bewegung für $B = b$ aufhören muſs. Iſt dann für die Geſchwindigkeit $= c$ der Werth von s wie oben beſtimmt, ſo muſs derſelbe für $c' = s\frac{D(B-b)}{B(D-b)}$ ſeyn, und die im Differentiale der Zeit $= dt$ ausſtrömende Gasmenge beträgt

$$mBdt\sqrt{\left(4gs\frac{D(B-b)}{B(D-b)}\right)}.$$

Es iſt aber dieſe Menge oben (B. 3.) bereits $= - Vdb$ gefunden worden (wenn B, oben b genannt, den verminderten Druck der Luft bezeichnet), und ſo folgt alſo, daſs

$$mBdt\sqrt{\left(4gs\frac{D(B-b)}{B(D-b)}\right)} = -VdB$$

iſt, woraus

$$dt = \frac{V\sqrt{(D-b)}}{m\sqrt{(4gsD)}} \times -\frac{dB}{\sqrt{(B^2-bB)}}$$

gefunden wird. Das Integral giebt

$$t = \frac{V}{m}\frac{\sqrt{(D-b)}}{\sqrt{(4gsD)}} \text{ log. nat.} - \left[B - \frac{b}{2} + \sqrt{(B^2-bB)}\right] + C,$$

und wenn man zur Beſtimmung der Conſtante berückſichtigt, daſs für $t = 0$ auch $B = D$ werden muſs, ſo iſt

$$t = \frac{V}{m} \times \frac{\sqrt{(D-b)}}{\sqrt{(4gsD)}} \text{ log. nat. } \left[\frac{D - \frac{1}{2}b + \sqrt{(D^2-Db)}}{B - \frac{1}{2}b + \sqrt{(B^2-bB)}}\right].$$

Weil das Ausſtrömen aufhört, wenn $B = b$ wird, ſo erhält man für die erforderliche Zeit auch die Gleichung

$$t = \frac{V}{m} \times \frac{\sqrt{(D-b)}}{\sqrt{(4gsD)}} \text{ log. nat. } \left[\frac{D - \frac{1}{2}b + \sqrt{(D^2-Db)}}{\frac{1}{2}b}\right].$$

6) Auf ganz gleiche Weiſe gelangt man leicht zur Beantwortung der Frage, wie lange Zeit erfordert werde, damit die Luft oder eine Gasart aus einem von zwei mit einander verbun-

Digitized by Google

denen Gefäſsen in das andere bis zur Herstellung des Gleichgewichts in beiden überströme. Es sey demnach der Inhalt der Gefäſse V und V'; die Dichtigkeit der Luft im Gefäſse vom Inhalte = V sey = D und in dem vom Inhalte = V' sey = b; nach Verlauf der Zeit t sey die Dichtigkeit im erstern Gefäſse noch = B, im zweiten habe sie aber bis β zugenommen. War dann die anfängliche Geschwindigkeit der Strömung = c, nach der Zeit t aber = c', so ist

$$c' = c\sqrt{\frac{D(B-\beta)}{B(D-b)}},$$

und für $\beta = B$ hört die Strömung auf. Es folgt ferner, daſs $VD + V'b = VB + V'\beta$ seyn muſs, woraus

$$\beta = \frac{V(D-B) + V'b}{V'}$$

folgt. Diesen Werth in die vorige Gleichung substituirt erhält man

$$c' = c\sqrt{\frac{D[V'(B-b) - V(D-B)]}{BV'(D-b)}},$$

welche Gleichung das Verhältniſs der Ausfluſsgeschwindigkeit c' zur Dichtigkeit = B ausdrückt. Nennt man zur Abkürzung $D(V+V') = M$, $V'b(b+D) = N$, $V'D - V'b = R$ und $\frac{N}{M} = q$, so ist auf gleiche Weise als bei der vorhergehenden Aufgabe

$$mBdt\sqrt{4gs\frac{M(B-N)}{RB}} = d(VD - VB) = -VdB,$$

woraus

$$dt = \frac{V\sqrt{R}}{m\sqrt{(4gsM)}} \times \frac{-dB}{\sqrt{(B^2 - Bq)}}$$

erhalten wird. Die Integration und Bestimmung der Constante, so daſs für t = 0 auch B = D wird, giebt das vollständige Integral

$$t = \frac{V}{m}\sqrt{\frac{R}{4gsM}} \times \text{log. nat.}\left[\frac{D - \frac{1}{2}q + \sqrt{(D^2 - Dq)}}{B - \frac{1}{2}q + \sqrt{(B^2 - Bq)}}\right].$$

7) Die hier mitgetheilte Darstellung der pneumatischen Gesetze wurde ursprünglich durch Daniel Bernoulli[1] gegeben,

---

1 Hydrodynamica, sive de viribus et motibus fluidorum Commentarii. Argentor. 1738. 4. Sect. X. Probl. 35. p. 226 ff.

Digitized by Google

nachher durch d'Alembert[1] und insbesondere durch Bossut[2] allgemein verbreitet, später insbesondere von den Engländern[3] in dieser Einfachheit beibehalten, und genügt auch zur Beantwortung der meisten hierüber vorkommenden Aufgaben[4]. Inzwischen ist hierbei ein für allemal ein gewisses Verhältniſs der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft angenommen, statt daſs dieses sich mit der Temperatur und dem Barometerstande jederzeit ändert. Die spätern Bearbeiter dieses Problems haben daher gröſserer Schärfe wegen hierauf Rücksicht genommen und die daraus folgenden Bedingungen sogleich in die Formeln eingeführt. Am vollständigsten ist dieses geschehn durch Navier in seiner gehaltreichen Abhandlung[5], woraus hier um so mehr das Wesentlichste mitgetheilt werden muſs, als die darin enthaltenen eleganten Formeln zur Berechnung künftiger Versuche über diese Aufgabe unentbehrlich sind. Bezeichnet man hiernach den Druck der Flüssigkeit im Innern eines Gefäſses durch

1 Traité de l'Equilibre et du mouvement des Fluides. Liv. II. chap. 4. in dessen Oeuvres mathématiques. XVI T. 4. oder in dessen Oeuvres. Par. 1821. V T. 4. T. II.

2 Traité théorique et expérimental d'Hydrodynamique. II vol. 8. Lehrbegriff der Hydrodynamik. Uebers. von K. C. Langsdorf. Frankf. 1792. II Th. 8. Th. I. S. 409.

3 Olinth Gregory Darstellung der mechanischen Wissenschaften übers. von Dietlein. Halle 1824. Th. I. S. 596. Encyclop. Britannique. Art. Pneumatics. Robison Mechanical Philosophy. By Dav. Brewster. Edinb. 1822. T. III. p. 682 ff. Barlow in Encyclopaedia metropolitana. Mixed Sciences. T. I. p. 339 u. a. m.

4 Für die praktische Anwendung wird diese Formel meistens ohne Beweis angenommen, z. B. von Karsten in seinem Handbuch der Eisenhüttenkunde. Halle 1816. Th. I. S. 574. von J. Baader in: Beschreibung und Theorie des englischen Cylindergebläses. München 1805. S. 64. von Villefosse in Stünkel's Magazin für Eisenberg- und Hüttenkunde Th. I. Heft 3. S. 240. von Gahn in Samlingar i Bergsvettenskapen af E. T. Suedenstierna och C. J. Lidbeck. Stockh. 1809. p. 91. u. a.

5 Mémoires de l'Académie Roy. des Sciences de l'Institut de France. T. IX. p. 311. Auch im Journal du Génie civil. 1829. Nov. Ein sehr kurzer Auszug befindet sich in den Ann. de Ch. Ph. T. XXIV. p. 400 ff. Daſs Barometerstand und Temperatur bei dieser Formel zu berücksichtigen sind, hat übrigens schon Gilbert bemerkt, s. G. XXVIII. 391., und wird überhaupt allgemein angenommen, wenn man sich auch, zu gröſserer Bequemlichkeit, eines constanten Verhältnisses bedient.

Digitized by Google

P, den äuſsern durch P′, die Dichtigkeit derselben unter dem Drucke P durch R, die durch den Fall in einer Secunde erlangte Geschwindigkeit (oben 2 g genannt) durch g und die Ausfluſsgeschwindigkeit durch U, so hat man allgemein für alle Flüssigkeiten

$$U = \sqrt{\frac{2g(P-P')}{Rg}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Bezeichnet ferner h die Höhe irgend einer Flüssigkeit, welche einen der atmosphärischen Luft gleichen Druck ausübt, H dagegen die Höhe einer solchen, die den Ueberschuſs über diesen Druck miſst, ω das Einheitsgewicht dieser Flüssigkeit, Π das Einheitsgewicht der ausströmenden elastischen Flüssigkeit bei 0° Cent. und unter einem Drucke, welcher durch eine Flüssigkeitsäule von der Höhe $= \eta$ gemessen wird, ν die zur Zeit des Ausströmens nach Centesimalgraden beobachtete Temperatur, so ist $P = \omega\,(h + H)$, $P' = \omega h$, und nach dem Gesetze der Ausdehnung gasförmiger Körper durch Wärme ist das Gewicht der Einheit der im Gefäſse enthaltenen Flüssigkeit

$$Rg = \Pi \frac{h+H}{\eta} \times \frac{1}{1+0{,}00375\,\nu} \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

also nach Gleichung (1) durch Substitution

$$U = \sqrt{2g\eta\,\frac{\omega}{\Pi}} \times \sqrt{\frac{(1+0{,}00375\,\nu)\,H}{h+H}} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

Für Sexagesimalsecunden, Meter und Kilogramme = k ist $g = 9^{m},8088$; $\omega = 13568^{k}$ (den Druck nach einer Quecksilbersäule gemessen). Ist die Flüssigkeit atmosphärische Luft, wovon der Kubikmeter bei 0° Temperatur und $0^{m},76$ Barometerstand $1^{k},3$ wiegt, so erhält man $\Pi = 1^{k},3$; $\eta = 0^{m},76$, und aus der Gleichung (3) wird, das specif. Gewicht der Luft gegen Quecksilber oder $\frac{\omega}{\Pi} = 10437$ gesetzt,

$$U = 394{,}5\sqrt{\frac{(1+0{,}00375\,\nu)\,H}{h+H}} \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

als die aus theoretischen Gründen folgende Abfluſsgeschwindigkeit (*dépense théorique* oder *naturelle*), welche statt finden würde, wenn der Flüssigkeitscylinder in gerader Richtung und ohne irgend ein Hinderniſs durch die Oeffnung flösse, so daſs man bei gegebener Weite des Querschnittes leicht die in gegebener Zeit ausflieſsende Luftmenge finden könnte. Hierbei wird voraus-

Digitized by Google

geſetzt, daſs die Dichtigkeit P der eingeſchloſſenen Luft conſtant bleibe und auch dem ausflieſsenden Theile zukomme, was nur bei ſehr kleinen Oeffnungen in ſehr weiten Gefäſsen näherungsweiſe ſtatt finden könnte, indem vielmehr die Dichtigkeit des letztern allmälig von P zu P′ übergehn muſs.

8) Unter der Vorausſetzung alſo, daſs die Dichtigkeit der eingeſchloſſenen elaſtiſchen Flüſſigkeit ſich nicht ändere, ſey ABCD der Durchſchnitt eines zur Vermeidung des aus dem Gewichte der Flüſſigkeit hervorgehenden Druckes horizontal liegenden Gefäſses, welches als eine Verlängerung des Gaſometers betrachtet werden kann. Man nehme ferner an, daſs der Druck der Flüſſigkeit in dem als erſten betrachteten, auf die Axe MN des Gefäſses oder Rohres perpendiculär ſtehenden, Durchſchnitte ein conſtanter ſey, und ebenſo in dem als letzten betrachteten CD, ſo iſt der Ausfluſs der Flüſſigkeit das Reſultat der Differenz des Druckes bei dem erſtern und letztern. Bezeichnet dann W den erſtern und W′ den letztern Durchſchnitt, w irgend einen dazwiſchen liegenden, gleichfalls auf die Axe MN lothrechten, alſo etwa $\alpha\beta$ nach der Zeichnung, x den Abſtand $M\mu$ der letztgenannten Durchſchnittsfläche von der erſtern, u die Geſchwindigkeit des Gasſtromes in $\alpha\beta$ und U die in CD; ſind ferner P, P′ und p die Preſſungen in AB, CD und $\alpha\beta$, iſt t die Zeit und heiſst ϱ das Dichtigkeitsverhältniſs der Flüſſigkeit in $\alpha\beta$ oder die Maſſe des daſelbſt als Einheit angenommenen Volumens, ſo daſs $k\varrho = p$ für einen Werth von k wird, welcher beſtändig bleibt, ſo lange die Temperatur ſich nicht ändert[1], und denkt man ſich endlich den ganzen Inhalt des Rohres in verſchwindend dicke Abſchnitte getheilt, welche ſämmtlich auf der Axe MN lothrecht ſtehn, wonach alſo alle in dieſen enthaltene Theile der Flüſſigkeit mit gleicher Geſchwindigkeit bewegt werden, indem ſie unter gleichem Fig. 70.

1 Eben dieſe Gröſse, aber ohne Rückſicht auf Temperaturwechſel, iſt in der oben durch s bezeichneten enthalten. Navier bemerkt aber zur Erreichung einer weit gröſsern Schärfe in den Beſtimmungen, daſs die Gleichung (2) auch $R g = \Pi \frac{P}{\omega \eta} \cdot \frac{1}{1 + 0{,}00375 \nu}$ ſeyn kann, woraus $\frac{P}{R} = k = \frac{g \omega \eta (1 + 0{,}00375 \nu)}{\Pi}$ folgt und für die dort angegebenen Beſtimmungen und atmoſphäriſche Luft

$$k = 77805\ (1 + 0{,}00375\ \nu).$$

Drucke stehn, und der Voraussetzung gemäſs alle gleiche Massen der Flüssigkeit enthalten, indem diejenige, welche den ersten Abschnitt AB bildet, nach einander auch den folgenden zugehört, so erhält man die Gleichung für die Bewegung irgend eines dieser Abschnitte, z. B. des in $\alpha\beta$ enthaltenen, dessen Masse $\varrho w dx$ und die ihn bewegende Kraft $\varrho w dx \frac{du}{dt}$ ist, durch die gegenseitige Einwirkung der Abschnitte auf einander $= - w dp$. Hieraus folgt

$$- w dp = \varrho . w dx \frac{du}{dt}$$

und für $p = k\varrho$

$$- k \frac{dp}{p} = dx \frac{du}{dt} \quad \ldots \ldots \quad (5)$$

Um diese Gleichung zu integriren, muſs man berücksichtigen, daſs für die vorausgesetzte gleichförmige Bewegung eine gleiche Masse gleichzeitig alle Abschnitte durchlaufen muſs, so daſs $\varrho w u$ und also auch $p w u$ stets einen gleichen Werth behalten. Hiernach ist $p w u = P' W' U$ und $u = \frac{P' W' U}{p w}$, also

$$\frac{du}{dt} = - \frac{P' W' U}{p^2 w^2} \frac{d(pw)}{dx} \frac{dx}{dt} \quad \ldots \ldots \quad (6)$$

worin U beständig ist, p und w sich aber mit der Lage der Abschnitte ändern. Werden diese Gröſsen in die Gleichung (5) substituirt, worin $\frac{dx}{dt} = u$ oder $\frac{P' W' U}{p w}$ ist, so erhält man

$$k \frac{dp}{p} = P'^2 W'^2 U^2 \frac{d(pw)}{p^3 w^3}.$$

Die Integration giebt

$$2k \log. p = - U^2 \frac{P'^2 W'^2}{p^2 w^2} + \text{Const.}$$

Zur Bestimmung der Constante darf man nur berücksichtigen, daſs für den ersten in AB angenommenen Abschnitt $w = W$ und $p = P$ ist, also

$$2k \log. \frac{P}{p} = U^2 \left(\frac{P'^2 W'^2}{p^2 w^2} - \frac{P'^2 W'^2}{P^2 W^2} \right) \quad \ldots \ldots \quad (7)$$

und für den letztern in CD angenommenen Abschnitt, wo $w = W'$ und $p = P'$ ist, wird hieraus

$$2k \log. \frac{P}{P'} = U^2 \left(1 - \frac{P'^2 W'^2}{P^2 W^2} \right),$$

Digitized by Google

woraus für die Ausfluſsgeschwindigkeit in CD folgt

$$U = \sqrt{\frac{2k \log. \frac{P}{P'}}{1 - \frac{P'^2 W'^2}{P^2 W^2}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

Vermittelst dieser Bestimmung der Geschwindigkeit würde man die Ausfluſsmenge für eine gegebene Zeit erhalten, wenn man sie mit dem Flächeninhalte der Mündung = W′ multiplicirte, wobei der Druck der Flüssigkeit = P′ für diese Stelle anzunehmen wäre. Nimmt man aber, wie gewöhnlich, statt dessen diesen Druck = P, wie er im Gasometer (oder dem Abschnitte AB) statt findet, so müſste der erhaltene Werth mit W′ und dem Verhältnisse der Pressungen multiplicirt werden, wonach man erhält

$$\text{Ausfluſsmenge} = W' \frac{P'}{P} \sqrt{\frac{2k \log. \frac{P}{P'}}{1 - \frac{P'^2 W'^2}{P^2 W^2}}} \quad \ldots\ldots \quad (9)$$

Der Werth dieser letztern Gleichung wird unendlich oder imaginär, wenn P′ W′ gleich oder gröſser ist als P W, d. h. wenn die Ausfluſsöffnung bei gleichem Drucke gleich oder gröſser wäre als die Einfluſsöffnung, indem dann die vorausgesetzte gleichmäſsige Bewegung nicht statt finden könnte. Ist dagegen die Ausfluſsöffnung W′ sehr klein, so verwandelt sich die Gleichung (8) in[1]

---

1 Navier vergleicht diesen Ausdruck mit dem oben unter (1) mitgetheilten, dessen man sich gewöhnlich bedient. Statt des dortigen kann gesetzt werden:

$$U = \sqrt{\frac{2P}{R} \cdot \frac{P - P'}{P}} \text{ oder } U = \sqrt{2k \frac{P - P'}{P}}.$$

Es ist aber $\frac{P}{P'} = 1 - \frac{P - P'}{P'}$, und also, wenn P nur unbedeutend gröſser ist als P′, ergiebt sich log. $\frac{P}{P'} = \frac{P - P'}{P'}$ beinahe, in welchem Falle beide Gleichungen nur unmerklich von einander abweichen. Ist dagegen der Unterschied bedeutend, so giebt die Formel (1) einen zu groſsen Werth, und wenn man zur Erhaltung der Ausfluſsmenge mit W′ multiplicirt, statt mit W′ $\frac{P'}{P}$, so giebt auch dieses einen Fehler in demselben Sinne. Jedoch ist der Werth von $\frac{P - P'}{P'}$ meistens so geringe, daſs die berechneten Werthe mit den durch Versuche gefundenen nahe genug übereinstimmen.

Digitized by Google

$$U = \sqrt{2k \log. \frac{P}{P'}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

und der in (9) gegebene Ausdruck für die Abfluſsmenge in

$$\frac{P' W'}{p} \sqrt{2k \log. \frac{P}{P'}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

Wird der in der Gleichung (8) für U gefundene Werth in die Gleichung (7) substituirt, so erhält man

$$\frac{\log. \frac{P}{p}}{\log. \frac{P}{P'}} = \frac{\frac{P^2\ W^2}{p^2\ w^2} - 1}{\frac{P^2\ W^2}{P'^2\ W'^2} - 1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

woraus die Gröſse des Drucks für irgend einen Abschnitt des Rohrs, dessen Fläche = w ist, gefunden werden kann. Statt dieser Gleichung kann man setzen:

$$\frac{\log. \frac{P}{p}}{\log. \frac{P}{P'}} = \frac{\frac{P^2\ W^2}{p^2\ w^2} - 1}{\frac{P^2\ W^2}{P'^2\ W'^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

wenn die Durchschnittsfläche der Ausfluſsöffnung in CD sehr klein gegen die Durchschnittsfläche des Cylinders in AB ist.

9) Wegen der Wichtigkeit des Gegenstandes sind zu verschiedenen Zeiten eine Menge von Versuchen angestellt worden, um die aus der Theorie folgenden Gesetze zu prüfen, und insbesondere um aus einer Vergleichung derselben mit der Erfahrung die Hindernisse kennen zu lernen, welche aus der physischen Beschaffenheit der Körper hervorgehn, indem die Erfahrung bereits ergeben hatte, daſs auch bei tropfbaren Flüssigkeiten die beobachteten Geschwindigkeiten von den berechneten auf verschiedene und selbst einander entgegengesetzte Weisen abweichen. Von diesen die vorzüglichsten und wichtigsten etwas näher zu bezeichnen scheint mir für den Zweck der vorliegenden Untersuchung zu genügen. Unter diejenigen Versuche, bei denen die comprimirte atmosphärische Luft in die äuſsere, unter gewöhnlichem Drucke befindliche, ausströmte, gehören die von Banks[1]. Die einfach construirte Maschine, deren er

---

1 On the power of Machines. Kendal 1803. 8. p. 10. auch in Manchester Memoirs T. V. und in Nicholson's Journal; daraus in G. XXII. 286. aber durch einen Rechnungsfehler von Gilbert entstellt.

ſich hierzu bediente, beſtand aus einem Gefäſse V von bekann- Fig. 71.
tem Inhalte mit einer Oeffnung m von gleichfalls bekanntem Querſchnitte und einer verticalen Röhre R, die am untern Ende in ein mit vielen kleinen Löchern verſehenes horizontales Röhrenſtück r endigte, oben aber mit einem Trichter verſehn war. Beim Verſuche wurde die Oeffnung m mit einem Finger verſchloſſen, durch die Röhre R aber ſo viel Waſſer in das Gefäſs gebracht, bis die in demſelben erzeugte gröſsere Elaſticität der Luft der drückenden Waſſerſäule in der Röhre R bis zum Trichter p das Gleichgewicht hielt. Alsdann wurde gleichzeitig der Finger von m weggenommen und aus einem andern Gefäſse vermittelſt eines Hahns ſo viel Waſſer in den Trichter p gebracht, daſs die Höhe deſſelben in der Röhre R ſich während der Dauer des Verſuchs nicht änderte. Die Beſtimmung der Zeit, während welcher die geſammte in V befindliche Luft durch m ausſtrömte, ergab ſich vermittelſt einer genauen Uhr, und ſomit alſo aus dem Verhältniſſe der Oeffnung m zum Inhalte des Gefäſses V die durch Erfahrung gefundene Geſchwindigkeit der Strömung. In zwei Reihen von Verſuchen betrug die Höhe der Röhre R in der erſten 30 Zolle und die Zeit bis zur Entleerung 33 Secunden, bei der zweiten aber verwandelten ſich dieſe Gröſsen in 72 Zolle und 21,3 Secunden, in beiden war der Inhalt des Gefäſses 425,088 Kubikzolle und der Querſchnitt der Oeffnung 0,0046 Quadratzolle. Die Diviſion der letzteren Gröſse in die erſtere giebt einen Luftcylinder von 92410,4 Zollen, welcher nach dem Mittel aus der erſten Verſuchsreihe in 33 Secunden ausſtrömte und alſo eine Geſchwindigkeit von $\frac{92410,4}{12 \times 33} = 233,3$ Fuſs in einer Secunde hatte, in der zweiten aber von $\frac{92410,4}{12 \times 21,3} = 361,6$ Fuſs. Um beide Werthe mit den Druckhöhen zu vergleichen hat man $\sqrt{2,5} : 233,3 = \sqrt{6} : 361,8$, was von 361,6 nur um 0,2 F. abweicht. Bei dieſer Uebereinſtimmung genügt es, das Ergebniſs nur einer der Verſuchsreihen mit dem aus der Rechnung folgenden zu vergleichen. Zu dieſem Ende iſt zu berückſichtigen, daſs nach engliſchem Fuſsmaſse und dem angenommenen Verhältniſſe der Barometerhöhe und dem ſpec. Gewichte der Luft zum Waſſer der atmoſphäriſche Luftdruck einer Waſſerſäule von 33 engl. F. Höhe das Gleichgewicht hält, alſo der Werth von $2\sqrt{gs} = 1339$ eng-

lische Fuſs beträgt. Dagegen folgt aus der zweiten Versuchsreihe

$$\sqrt{6} : \sqrt{361{,}6} = \sqrt{33} : 845{,}2,$$

und da also die letztere Gröſse = 1339 seyn müſste, so giebt $\frac{845{,}2}{1339} = 0{,}631\ldots.$ den beständigen Coefficienten, womit multiplicirt werden muſs, wenn man die Hindernisse der Bewegung nicht vernachlässigen will. Hiernach wäre also die oben (B. 1.) für den Ausfluſs der Gasarten gefundene Formel zu berichtigen und die Geschwindigkeit des Ausströmens

$$c = 0{,}631\ldots. \times 2\sqrt{gs\left(\frac{B-b}{B}\right)} = 1{,}262\sqrt{gs\left(1-\frac{b}{B}\right)}$$

zu setzen[1].

Der aus diesen Versuchen gefundene Coefficient, welcher allgemein m heiſsen möge, hat einen sehr nahe gleichen Werth als derjenige, welcher für den Ausfluſs des Wassers aus Oeffnungen in dünnen Blechen gleichfalls aus der Erfahrung entnommen ist und die sogenannte *Zusammenziehung der Wasserader* giebt[2]. Inzwischen hat der letztere in den verschiedenen Versuchen nicht unbedeutende Abweichungen vom arithmetischen Mittel aus allen gezeigt, und auf gleiche Weise wird sich aus dem Verfolge der Untersuchungen ergeben, daſs die Physiker den erstern keineswegs überall gleich gefunden haben, was wohl gröſstentheils aus Fehlern dar Messungen herrühren mag, zum Theil aber in der ungleichen Beschaffenheit der Ausfluſsöffnungen seinen Grund hat.

10) In Frankreich stellte Girard[3] beiläufig einige Versuche an und fand daraus den Werth von m = 0,714; inzwischen übergehe ich eine ausführliche Mittheilung dieser Versuche, weil sie von späteren weit übertroffen werden, namentlich von den eben so zahlreichen als genauen, wodurch d'Aubuisson[4] diese wichtige Frage zur bestimmten Entschei-

---

1 Hierin bezeichnet g den Fallraum in der ersten Secunde = 15 par. Fuſs ungefähr. Die neueren französischen Gelehrten nehmen g doppelt so groſs an, aus Gründen, die im Art. *Schwere* erläutert werden. Aus der in diesem Art. beibehaltenen doppelten Bezeichnungsart kann indeſs nicht wohl Verwirrung entstehn.

2 S. *Hydrodynamik* Bd. V. S. 532.

3 Ann. Ch. Ph. XVI. 142.

4 Die ausführliche Abhandlung steht in Annales des Mines. T. XIII. p. 433., im Auszuge in Ann. de Chim. et Phys. XXXII.

Digitized by Google

dung zu bringen suchte. Der von diesem geschickten Experimentator gebrauchte Apparat bestand aus einem Gasometer von 0,65 Met. innerem Durchmesser und 0,8 Met. Höhe, in dessen Deckel zwei Oeffnungen angebracht waren, die eine zur Aufnahme des mit gefärbtem Wasser gefüllten Manometers bestimmt, die andere mit einer Schraubenmutter versehn, um eine luftdicht eingeschraubte kurze Röhre aufzunehmen, welche am Ende mit einem durchbohrten Bleche verschlossen war oder mit verschieden gestalteten Ausfluſsröhren. Das Gasometer sank beim Ausströmen des Gases in dem Wasser seines Behälters geschwinder oder langsamer, je nachdem es mehr oder weniger beschwert war, zwischen vier Streben nieder; eine Scale zeigte die Tiefe des Einsinkens und ein Secundenzähler die hierzu erforderliche Zeit. Betrug der Durchmesser der Oeffnung über 0,03 Meter, so erfolgte das Sinken in 10 bis 20 Secunden, und weil die Zeitbestimmung bis auf eine ganze Secunde ungewiſs war, kleinere Durchmesser als 0,01 Meter aber nicht mit hinlänglicher Sicherheit meſsbar waren[1], so wurden Oeffnungen von 0,01, 0,015, 0,02 und 0,03 Met. Durchmesser gewählt, die meisten Versuche aber mit Oeffnungen von 0,015 Met. angestellt. Um ein gleichmäſsiges Sinken des Gasometers zu bewirken, legte man Gewichte zu, um den Verlust zu compensiren, welchen das tiefere Einsinken desselben in das Sperrwasser erzeugte. Als Fehlergrenzen nimmt d'Aubuisson an bei dem Manometer ein Millimeter, beim Sinken des Gasometers kaum ein Centimeter, in der Zeitbestimmung eine halbe bis höchstens eine ganze Secunde, aber als die bedeutendste ein bis zwei Zehntheile eines Millimeters in der Bestimmung des Durch-

327. D'Aubuisson kannte die demnächst mitzutheilenden deutschen Versuche gar nicht, die von Banks nur aus einer allgemeinen Erwähnung durch Girard, und zugleich aus ebendesselben Berichte in den Ann. de Chim. et Phys. T. XXI. die hier später zu erörternden von Lagerhjelm, wobei zugleich erwähnt wird, daſs schon im Jahre 1732 ähnliche Versuche durch einen Schweden, Namens Gahn, angestellt worden wären. Diese letzteren aufzusuchen habe ich mich nicht weiter bemüht.

1 Die von G. G. Schmidt angewandte Methode, kleine, etwas konische Stäbchen in die Oeffnungen zu passen und deren Durchmesser vermittelst des Mikrometers zu messen, giebt sehr genaue Resultate.

Digitized by Google

messers der Ausfluſsöffnung. Hieraus lassen sich die Abweichungen der einzelnen Resultate leicht erklären, jedoch wurden die Versuche so vielfach wiederholt, daſs sie dennoch als entscheidend gelten können[1]. Folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der erhaltenen Gröſsen.

Diam. der Oeffnung.	Manometerhöhe.	Sinken des Gasomet.	Zeitdauer in Sec.	Werth von M.	Mittel.
0,01 Met	0,0286	0,60 Met.	187	0,623	
desgl.	0,0500	0,60 -	141	0,629	
desgl.	0,0730	0,60 -	117	0,628	0,630
desgl.	0,0980	0,60 -	102	0,623	
desgl.	0,1200	0,55 -	82	0,642	
desgl.	0,1440	0,55 -	76	0,634	
0,015 M.	0,0280	0,60 -	82	0,643	
desgl.	0,0500	0,60 -	60	0,660	
desgl.	0,0720	0,60 -	51	0,647	0,652
desgl.	0,0980	0,45 -	32	0,664	
desgl.	0,1220	0,55 -	36	0,648	
0,02 Met	0,0270	0,60 -	46	0,665	
desgl.	0,0380	0,60 -	39,5	0,642	
desgl.	0,0500	0,60 -	34,75	0,636	0,646
desgl.	0,0600	0,60 -	31,5	0,641	
0,03 Met.	0,0270	0,60 -	20	0,656	
desgl.	0,0320	0,60 -	18	0,686	
desgl.	0,0380	0,60 -	16,5	0,683	0,673
desgl.	0,0440	0,60 -	15,5	0,675	
desgl.	0,0500	0,60 -	14,75	0,664	

Das Mittel aus allen Versuchen giebt den Werth des Widerstandscoefficienten m = 0,649. Inzwischen bemerkt D'AUBUISSON, daſs eine frühere Reihe von Versuchen bei Anwendung einer Oeffnung in einer dünnen Platte von 0,01 Meter Durchmesser m = 0,707 gegeben habe, nach genauester Messung wurde aber die Oeffnung etwas gröſser als 0,01 Meter gefunden, und die bei den aufgenommenen Versuchen gebrauchte etwas kleiner, nämlich nur 0,0098 Meter. Wird diese Gröſse in die Berechnung aufgenommen, so geben die ersten 6 Versuchsreihen im Mittel den Werth von m = 0,655, jedoch hat er die geringere Gröſse m = 0,630 beibehalten, weil die zu 0,03 Met. angegebene Oeffnung etwas zu groſs war und sich durch Aus-

1 D'AUBUISSON stellte im Ganzen mehr als tausend Versuche an.

Digitized by Google

gleichung also der Werth von m = 0,65 als der Wahrheit möglichst nahe kommend herausstellt.

Um den Widerstandscoefficienten für die Ausströmung aus kurzen cylindrischen Röhren zu finden, gebrauchte d'Aubuisson den nämlichen Apparat und wählte Röhren von der dreimaligen Länge ihres Durchmessers, weil diese für die praktische Anwendung am geeignetsten sind. Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht dieser Versuche und ihrer Resultate.

Ausfluſsröhren. Länge.	Ausfluſsröhren. Diameter.	Manometerhöhe.	Sinken des Gasomet.	Zeit des Strömens.	Werth von m. Versuch	Werth von m. Mittel.
0,04 Met.	0,01 Met.	0,027 M.	0,60 Met.	132 Sec.	0,910	
desgl.	desgl.	0,050 -	0,60 -	97 -	0,912	
desgl.	desgl.	0,072 -	0,60 -	79,75	0,925	
desgl.	desgl.	0,095 -	0,60 -	68 -	0,947	0,931
desgl.	desgl.	0,120 -	0,55 -	61 -	0,920	
desgl.	desgl.	0,141 -	0,55 -	51,5	0,940	
0,045	0,015	0,027 -	0,60 -	59 -	0,923	
desgl.	desgl.	0,050 -	0,60 -	43,5	0,922	
desgl.	desgl.	0,072 -	0,60 -	36 -	0,930	0,924
desgl.	desgl.	0,096 -	0,55 -	29 -	0,917	
desgl.	desgl.	0,120 -	0,55 -	26 -	0,916	
0,06	0,02	0,028 -	0,60 -	33 -	0,896	
desgl.	desgl.	0,050 -	0,60 -	24,25	0,915	
desgl.	desgl.	0,072 -	0,60 -	19 -	0,934	0,916
desgl.	desgl.	0,096 -	0,55 -	16 -	0,919	
0,08	0,03	0,025 -	0,60 -	14 -	0,964	
desgl.	desgl.	0,031 -	0,60 -	13,67	0,934	0,933
desgl.	desgl.	0,039 -	0,60 -	12 -	0,902	

Wegen der ungewissen Zeitbestimmung bei den weitern Röhren sollen die drei letzten Versuchsreihen nur als Näherungen gelten, wonach also der Werth von m = 0,924 für solche Röhren wird, deren Länge ihren Durchmesser um das Dreifache bis Vierfache übertrifft. Es verdient hierbei nicht übersehn zu werden, daſs d'Aubuisson nach der Vergleichung ähnlicher Erscheinungen beim Wasser den erhaltenen Werth von m unerwartet groſs fand. Um zugleich den Einfluſs der Länge bei cylindrischen Ausfluſsröhren zu prüfen, wurden abermals Versuche mit solchen angestellt, die bei ungleicher Länge einen gemeinschaftlichen Durchmesser von 0,015 Met. hatten; sie ergaben

für 0,022 Met. Länge m = 0,927, für 0,16 M. Länge m = 0,832,
- 0,045 - - m = 0,924, - 0,325 - - m = 0,738,

woraus ein bedeutender Einfluſs der Länge deutlich hervorgeht.

Digitized by Google

Zur Ermittelung des Unterschiedes zwischen cylindrischen und konischen Röhren wurden die letzteren bei dem nämlichen Apparate in der Art angewandt, daſs sie alle von gleicher Länge waren und an der Basis den doppelten Durchmesser der Mündung hatten. Folgende Tabelle enthält die Resultate dieser Versuchsreihen.

Ausfluſsröhren. Länge.	Durchmesser. Basis.	Durchmesser. Mündung	Manometerhöhe.	Sinken des Gasomet.	Zeit des Strömens.	Werth von m.	Mittel.
0,04 M.	0,02 M.	0,01 M.	0,050 M.	0,60 M.	96 Sec.	0,928	
desgl.	desgl.	desgl.	0,072 —	0,60 —	81 —	0,917	0,927
desgl.	desgl.	desgl.	0,096 —	0,60 —	69 —	0,934	
desgl.	desgl.	desgl.	0,120 —	0,60 —	62 —	0,930	
0,045 -	0,03 —	0,015 -	0,028 —	0,60 —	57,5 —	0,913	
desgl.	desgl.	desgl.	0,050 —	0,60 —	43 —	0,916	
desgl.	desgl.	desgl.	0,072 —	0,60 —	36 —	0,915	0,917
desgl.	desgl.	desgl.	0,096 —	0,55 —	28,5 —	0,927	
desgl.	desgl.	desgl.	0,120 —	0,55 —	25 —	0,916	
0,06 —	0,04 —	0,02 —	0,027 —	0,60 —	32 —	0,945	
desgl.	desgl.	desgl.	0,037 —	0,60 —	27,5 —	0,951	
desgl.	desgl.	desgl.	0,050 —	0,60 —	24 —	0,928	0,936
desgl.	desgl.	desgl	0,060 —	0,60 —	22 —	0,924	
0,08 —	0,06 —	0,03 —	0,040 —	0,60 —	12 —	0,924	0,933
desgl.	desgl.	desgl.	0,050 —	0,60 —	11,5 —	0,942	

Als Mittel aus allen diesen und mehreren nicht speciell aufgeführten Versuchen mit gehöriger Würdigung ihres Werthes und der wahrscheinlichen Fehlergrenze ergiebt sich der Werth von m = 0,93, also nur wenig, aber doch etwas gröſser, als für cylindrische Ausfluſsröhren. Um endlich noch genauer dieses Resultat und den Einfluſs der konischen Gestalt zu prüfen, wurden einige Reihen von Versuchen mit solchen Röhren angestellt, die am äuſsern Ende sämmtlich einen gleichen Durchmesser von 0,015 Meter hatten, an der Basis aber einen ungleichen, und deren Länge auſserdem verschieden war. Sie gaben folgende Resultate.

Ausfluſsröhren. Länge.	Durchmesser. Basis.	Durchmesser. Ende.	Höhe des Manometers. 0,028	0,050	0,072	0,096	0,120	
Meter.	Meter.		Werthe für m.					Mittel.
0,045	0,02	0,015	0,939	0,939	0,940	0,933	. . . .	0,938
0,045	0,03	0,015	0,913	0,916	0,915	0,917	0,916	0,917
0,045	0,06	6,015	0,786	0,810	0,797	0,803	0,794	0,798
0,025	0,02	0,015	0,946	0,939	0,940	0,960	0,951	0,947
0,01	0,02	0,015	0,888	0,877	0,881	0,881	0,874	0,880

Aus dieser Zusammenstellung ergeben sich dann zugleich die

Digitized by Google

Grenzen der Abweichungen, zwischen denen die Versuchsreihen schwankten.

D'Aubuisson hat für seine sämmtlichen Versuche die aus der Theorie folgende Ausfluſsmenge durch Anwendung einer einfachen Formel gefunden [1], indem er sie dem Producte der Geschwindigkeit in die Fläche der Oeffnung proportional setzt, nämlich

$$310\,d^2 \sqrt{h.\,\frac{1+0{,}004\,t}{13{,}6\,(b+h)}},$$

welche mit der oben unter (4) mitgetheilten identisch ist, insofern d^2 den Flächeninhalt der Oeffnung, t die Temperatur in Centesimalgraden, b die Barometerhöhe mit Beifügung des Coefficienten für die Reduction des spec. Gewichts des Quecksilbers auf das des Wassers und h den Stand des Wassermanometers bezeichnen. Der Coefficient erhält dann eine Abänderung durch die Multiplication mit $\frac{\pi}{4}$, worin π das bekannte Verhältniſs des Kreises zum Durchmesser bezeichnet. Navier hat zwar, wie oben bereits erwähnt wurde, gezeigt, daſs diese Formel etwas zu groſse Resultate giebt, wonach also der gefundene Werth von m etwas zu klein werden muſste. Dennoch aber glaubt er, daſs bei einem so geringen Drucke auf die im Gefäſse enthaltene Luft die Abweichung nicht bedeutend seyn könne, findet aber einen Grund der geringeren Genauigkeit in dem Umstande, daſs die Ausfluſsöffnung sich nicht unmittelbar in der Wand des Gasometers, sondern in einem Bleche am äuſseren Ende einer 0,027 Meter langen und 0,08 Meter weiten Röhre befand; auch ist es ihm nicht entgangen, daſs die Gröſse m mit der Weite der Ausfluſsöffnung von 0,630 bis 0,673 wächst, was er als eine Bestä-

---

1 Diese Formel findet man entwickelt in Ann. des Mines T. XI. p. 191. Die Ausfluſsgeschwindigkeit wird darin bei Anwendung eines Quecksilbermanometers

$$= 395 \sqrt{\frac{h\,(1+0{,}004\,t)}{b+h}} \text{ Meter}$$

und für ein Wassermanometer, das spec. Gewicht des Quecksilbers = 13,6 gesetzt,

$$= 395 \sqrt{\frac{h\,(1+0{,}004\,t)}{13{,}6\,(b+h}}$$

angenommen.

Digitized by Google

tigung seiner Vermuthung betrachtet[1]. Inzwischen hat d'Aubuisson den eigentlichen Grund dieser Abweichung selbst richtiger angegeben.

11) Eine groſse und instructive Reihe von Beobachtungen hat Lagerhielm in den Denkschriften der Akademie zu Stockholm nach schwedischem Maſse bekannt gemacht, eine leichtere Uebersicht gewähren dieselben aber nach der Bearbeitung und Reduction auf französisches Maſs durch Navier, weswegen ich diese hier mittheile. Die in folgender Tabelle enthaltenen beziehn sich sämmtlich auf die Bestimmung des Werthes von m, wenn die Luft durch eine runde Oeffnung in einem dünnen Kupferbleche ausströmt, auch sind dabei der schwedische Fuſs und Centesimalgrade beibehalten.

Durchmesser der Oeffnung.	Innerer Druck.	Barometerhöhe.	Temperatur.	Ausfluſszeit in Sec.	Ausfluſsmenge in Kub. F.	Werth von m.
0,112200	1,6160	2,545	16° C.	4,50	7,5859	0,6097
- - - -	1,2090	- - -	17	5,25	8,8919	0,5972
- - - -	0,5555	- - -	16	7,50	7,6547	0,6063
- - - -	0,1919	- - -	18	13,25	8,0860	0,6103
0,080617	1,6160	2,305	17	9,00	8,0819	0,6013
- - - -	1,2170	- - -	—	10,50	8,0370	0,5804
- - - -	0,5555	- - -	15	15,00	7,9251	0,5805
- - - -	0,2121	2,508	17,5	23,50	8,6635	0,6854
0,041346	1,6059	2,536	20	32,00	7,3881	0,6098
- - - -	1,2120	- - -	19,5	36,20	7,2440	0,6029
- - - -	0,5555	2,540	10,5	51,20	6,8875	0,5933
- - - -	0,1969	- - -	—	82,00	6,6251	0,6018

Zur Berechnung dieser Versuche muſste zuerst die oben Nro. 8 durch k bezeichnete Gröſse gefunden werden. Da nach Lagerhielm's Angabe $g = 9^m, 809 = 33{,}068$ schwed. Fuſs beträgt und die mittlere Barometerhöhe $= 0^m{,}76 = 2{,}562$ schwed. Fuſs, so erhält man durch Substitution dieser Werthe in jene Formel, wonach zugleich $\omega = 13568$ wird,

$$k = 1149300\,\frac{1 + 0{,}00375 \cdot \nu}{1{,}3}.$$

Die Formel (11) auf gemeine Logarithmen reducirt verwandelt sich diesemnach in

1 Navier theilt auch theoretische Betrachtungen über den Einfluſs cylindrischer und konischer Röhren mit, stellt hierüber Formeln auf und berechnet danach die durch d'Aubuisson gefundenen Resultate. Weil aber in diesen Formeln der erst zu bestimmende Werth von m schon enthalten ist, so lasse ich diese weg.

Digitized by Google

$$\frac{P'W'}{P}\sqrt{\left(2k\ (2{,}30206)\ \log.\ \text{vul.}\ \frac{P}{P'}\right)}$$

Die beobachtete Ausfluſsmenge dividirt durch die berechnete giebt dann den Werth von m, dessen einzelne Bestimmungen nicht mehr von einander abweichen, als die Fehlergrenze der Beobachtungen beträgt, so daſs das Mittel aus allen = 0,6149 als die richtige Bestimmung dieser Gröſse betrachtet werden kann.

12) Auch über den Ausfluſs der Luft aus kurzen cylindrischen Röhren hat Lagerhielm zwei Versuche angestellt. Navier findet für diese den beständigen Factor μ, welcher die durch Erfahrung gefundenen Ausfluſsmengen den theoretisch bestimmten gleich macht, indem er die bereits bestimmte Gröſse m = 0,62 in die Formel aufnimmt, wonach dann

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{1}{0{,}62\ (1-0{,}89)\ \frac{P-P'}{P}}-1\right)^2}}$$

wird. Bei den zwei genannten Versuchen war der Durchmesser der Röhre = 0,063 und die Länge 0,46 schwed. Fuſs, die Barometerhöhe = 2,511 schwed. Fuſs und die Temperatur 13° C.

Druck im Gefäſse.	Dauer des Ausflusses.	Ausfluſs-menge,	Werth von μ.
schwed. F.	Secunden.	Kub. F.	
1,5150	11,25	8,0197	0,8400
0,5757	20,50	7,8930	0,7164

welche beide Werthe bedeutend von einander abweichen, zugleich aber demjenigen nahe kommen, welchen d'Aubuisson für solche Röhren gefunden hat, deren Länge ihren Durchmesser 7 bis 8mal übertrifft, statt daſs für kürzere von der drei- bis vierfachen Länge des Durchmessers μ bedeutend gröſser wird[1].

13) Eine Reihe sehr schätzbarer Versuche zur Bestimmung des Werthes von m hat G. G. Schmidt angestellt[2]. Hierzu bediente er sich eines Gasometers, welcher aus einer oben ge-

1 Navier's theoretische Betrachtungen sind zwar sehr wohl begründet, für die praktische Anwendung ist es aber am besten, zur Berechnung der Ausfluſsmengen die Formel (11) zu benutzen und den beständigen Coefficienten m oder μ für die verschiedenen Bedingungen zu bestimmen.

2 G. LXVI. 48.

Digitized by Google

Fig. 72. faſsten, mit einem Hahne e und einer Vorrichtung zum Auf-schrauben verschiedener Ausfluſsröhren versehenen Glocke A bestand, die in ein mit Wasser gefülltes Gefäſs B B′ C C′ gesenkt war. Stand das zur Compression dienende Wasser, dessen Höhe an einer angebrachten Scale gemessen wurde, beim Anfange des Versuches in der Glocke bis a b, im äuſsern Gefäſse bis c d, so gingen diese beiden Gröſsen am Ende desselben in a′ b′ und c′ d′ über, und da die Druckhöhen und ihre Aenderungen nicht groſs waren, so genügte es, statt beider die mittlere bei der Berechnung zu nehmen. Die aus theoretischen Gründen folgende Ausfluſsmenge, ohne Rücksicht auf die Hindernisse der Bewegung, wurde nach der einfachen Bernoulli'schen Formel

$$M = t\,e^2 \sqrt{\frac{g}{\delta}}.(\sqrt{H} + \sqrt{h})$$

berechnet, worin t die Zeit in Secunden, e^2 den Flächeninhalt des Querschnittes der Oeffnung, g den Fallraum in der ersten Secunde, δ die Dichtigkeit der ausströmenden Luft gegen Wasser (worin also der oben in der Formel (4) eingeführte Coefficient für den Einfluſs der Wärme schon enthalten ist), H und h aber die Druckhöhen beim Anfange und Ende des Versuchs bezeichnen. Heiſst dann M′ die durch Erfahrung gefundene Menge des ausströmenden Gases, so ist $\frac{M'}{M} = m$ der gesuchte Coefficient des Widerstandes.

Weil der genannte Apparat, welchen ich in der Folge den Glocken-Apparat nennen werde, nur geringe Druckhöhen gestattete, so lieſs G. G. Schmidt noch einen zweiten für gröſsere
Fig. 73. verfertigen. Dieser bestand aus zwei cylindrischen Gefäſsen A und B aus Weiſsblech, jedes von 10 par. Zoll Durchmesser und 12 Zoll Höhe. Das untere A war mit einem Hahne C und einer Vorrichtung zum Aufstecken verschiedener Ausfluſsröhren versehn, hatte auſserdem bei D eine mit einer Schraube verschlossene Oeffnung, um das Wasser abflieſsen zu lassen und irgend eine Gasart einzufüllen. Vom Boden des obern Gefäſses bis fast zur Berührung mit dem des untern ging die einen Zoll weite Röhre E F herab, die oben bei E durch einen mit Leder umwundenen, an der Stange K L befestigten, Stopfer luftdicht verschlossen werden konnte. An der Auſsenseite des obern Gefäſses befand sich die in Zolle und Linien getheilte Glasröhre H G, um daran den Wasserstand abzulesen, M N und M′ N′ endlich dienen

Digitized by Google

bloſs als Stützen. Die Art des Experimentirens mit diesem Apparate, welcher durch Cylinder-Apparat bezeichnet werden möge, ergiebt sich bei seiner Einfachheit aus der Beschreibung von selbst, nur ist zu bemerken, daſs nach Anfüllung des obern Gefäſses mit Wasser und Oeffnung des Stöpsels die doppelte Senkung des Wassers im obern Gefäſse von der Höhe des ganzen Apparates abzuziehn ist, um die Länge der drückenden Wassersäule $= H$ beim Anfange des Versuches zu finden, nach dessen Beendigung die doppelte Höhe der Senkung von H abgezogen die Länge derselben $= h$ giebt, und die Barometerhöhe $+ \frac{H + h}{2}$ die mittlere Dichtigkeit der Luft während des Versuches.

Für die Versuche über das Ausströmen aus Oeffnungen in dünnen Blechen wurden drei Ansatzröhren Nro. 1 von 0,274, Nro. 2 von 0,42 und Nro. 3 von 0,645 Linien Durchmesser nach Messungen mit dem Mikroskope verfertigt. Aus mehreren Versuchen mit dem Cylinder-Apparate wurde im Mittel der beständige Factor m mit Nro. 1 $= 0{,}5225$, mit Nro. 2 $= 0{,}5285$ und mit Nro. 3 $= 0{,}5172$ gefunden, bei der Anwendung des Glocken-Apparates aber war derselbe m mit Nro. 1 $= 0{,}5238$, mit Nro. 2 $= 0{,}5202$ und mit Nro. 3 $= 0{,}5179$. Werden diese 6 nur wenig von einander abweichende Bestimmungen zusammengenommen, so giebt das arithmetische Mittel aus allen $m = 0{,}5217$, welche Gröſse so bedeutend geringer ist, als die durch Banks, Lagerhielm und d'Aubuisson gefundene, daſs es sich allerdings der Mühe lohnt, den Ursachen dieses Unterschiedes nachzuforschen. Was zuvörderst die Messungen und die dadurch gefundenen Werthe betrifft, so giebt die groſse Genauigkeit und Uebung des in jeder Hinsicht vortheilhaft bekannten Experimentators hierüber genügende Sicherheit, auch sind alle einzelne Bestimmungen so speciell angegeben, daſs hiergegen nicht füglich ein Zweifel obwalten kann. Eben so wenig lassen sich gegen die Art der Berechnung gegründete Einwendungen machen, wohl aber sind die Verhältnisse der specifischen Gewichte der Luft und des Wassers gegen Quecksilber und die sonstigen in der Rechnung enthaltenen beständigen Gröſsen seitdem anders bestimmt. Es schien mir daher nicht überflüssig, einen der mitgetheilten Versuche nach der oben unter (4) gegebenen Formel von Navier zu berechnen, und zwar den mit dem Cylinder-Appa-

Digitized by Google

rate und der Oeffnung Nro. 1 angestellten, weil der hierdurch gefundene Werth von m = 0,5225 zwischen den beiden andern ungefähr in der Mitte liegt. Hierbei war der Barometerstand = 27 Z. 4,5 Lin. = 328,5 Lin., die Temperatur = 16° R. = 20° C. Wird dann das spec. Gewicht des Quecksilbers gegen Wasser = 13,6 hiernach und nach den im Art. *Gewicht, spec.* mitgetheilten Bestimmungen corrigirt, so ist dasselbe

$$= 13,6 \frac{\left(1 - \frac{20}{5550}\right)}{0,998248} = 13,527.$$

Die Länge der Quecksilbersäule im Barometer wird hiernach einer Wassersäule von 4443,71 Linien oder 370,31 Zoll gleich. Endlich betrug der Wasserdruck im Anfange des Versuches 37,9 und am Ende 31,7, also im Mittel 34,8 Zolle. Werden demnach in der Formel Nro. 4 die Meter auf Fuſsmaſs reducirt und die eben gefundenen Gröſsen substituirt, so wird aus

$$U = 394,5 \sqrt{\frac{(1 + 0.00375 . v) H}{h + H}}$$

durch diese Substitution

$$U = 14573,35 \sqrt{\frac{(1 + 0,00375 \times 20) . 34,8}{370,31 + 34,8}} = 442,86.$$

Nach der Weite der Oeffnung muſsten mit dieser Geschwindigkeit in der Zeit von 4′ 12″ oder 252 Secunden 456,97 Kubikzolle Luft ausflieſsen[1], und da die Beobachtung 243,35 Kubikzolle gab, so ist

$$m = \frac{243,35}{456,97} = 0,5325,$$

welcher Werth von dem durch Schmidt gefundenen nicht sehr verschieden ist. Es geht also hieraus hervor, daſs nach diesen Versuchen der Werth des Widerstandscoefficienten m weit geringer gefunden wurde, als derselbe aus den sehr genau mit einander übereinstimmenden Resultaten von Banks, Lagerhielm und d'Aubuisson hervorgeht. Ehe ich inzwischen diese Abweichung näher zu untersuchen mir erlaube, scheint es mir an-

---

1 Die genau gemessene Oeffnung hatte nämlich 0,274 par. Lin. im Durchmesser, also war rad. = 0,137 Linien. Dieses giebt nach der Formel $r^2 \pi$ einen Cylinder von 0,00040947... Zoll, woraus bei einer Geschwindigkeit von 442,86 Zoll in 1 Sec. während 252 Secunden die angegebene Menge von Kubikzollen folgt.

Digitized by Google

gemessen, zuvor eine Uebersicht der sämmtlichen zahlreichen Versuche des deutschen Physikers mitzutheilen.

Um den Einfluſs kurzer cylindrischer Ausfluſsröhren auf die Menge des ausströmenden Gases zu erforschen, bediente sich Schmidt des beschriebenen Cylinder-Apparates uud versah denselben mit gläsernen Röhrchen von ungleicher Länge. Folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der hierbei einander zugehörigen Gröſsen.

Länge in Zollen.	Durchmess. in Lin.	Mittlere Druckhöhe.	Zeit des Ausströmens.	Menge des Gases nach Vers.	nach Rechn.	Werth von m.
0,6	0,400	34,53	120 Sec.	455,5	280,25	0,6149
0,3	0,400	33,95	120 —	449,7	280,25	0,6232
0,6	0,634	32,60	60 —	557,5	361,10	0,6548
0.3	0,634	33,18	60 —	561,5	385,80	0,6870

Aehnliche Versuche mit dem Glocken-Apparate gaben folgende Resultate.

Länge in Zollen.	Durchm. in Lin.	Mittlere Druckhöhe.	Zeit des Ausströmens.	Menge des Gases. Rechn.	Vers.	Werth von m.
0,6	0,634	3,65	44 Sec.	139,7	78,6	0,5628
0,3	0,634	3,65	40,5 —	128,5	78,6	0,6115

Eine groſse Menge von Versuchen wurde angestellt, um den Einfluſs der konischen Gestalt bei den Ausfluſsröhren zu ermitteln. Hierzu diente anfangs der Glocken-Apparat und ein Röhrchen von nur 9,6 par. Lin. Länge, dessen gröſster Durchmesser 0,84 und kleinster 0,38 par. Lin. betrug. Von 7 Versuchen gaben 2 mit der weiten Oeffnung nach Auſsen ganz gleiche Resultate und werden daher für einen gerechnet, so daſs also drei Versuche für diese Vorrichtung und eben so viele für die umgekehrte angenommen sind. War die kleinere Oeffnung nach Auſsen gekehrt, so ergab sich der Coefficient des Widerstandes m = 0,6042, 0,6092, 0,6395, also im Mittel und mit geringer Abweichung von diesem 0,6176; war sie dagegen nach Innen gerichtet, so betrug der Werth von m = 0,7392, 0,724, 0,6894, also im Mittel und gleichfalls ohne groſse Abweichung von diesem = 0,7175. Bei der Anwendung des Cylinder-Apparates zu gleichem Zwecke wurden 5 Ausfluſsröhrchen gebraucht, die bei gleichmäſsiger Länge von 0,6 par. Zoll ungleiche Durchmesser hatten. Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der erhaltenen Resultate.

Digitized by Google

Durchmesser der Röhren gröſster	kleinster	Richtung des kleinsten Durchm.	Ausströmende Luft. Rechn.	Vers.	Werth von m.
0,8 Lin.	0,5 Lin.	Nach Auſsen	360 K.Z.	259,8 K.Z.	0,7274 a.3 Vers.
1,06 —	0,536 —	desgl.	409 —	275,5 —	0,6736
1,30 —	0,536 —	desgl.	410,8 —	266,9 —	0,6764 a.3 Vers.
1,06 —	0,5634 -	desgl.	457,2 —	314,0 —	0,6868
0,55 —	0,50 —	Nach Innen	354,0 —	235,5 —	0,6651
0,80 —	0,50 —	desgl.	354,4 —	293,59 —	0,8481 a.3 Vers.
1,06 —	0,536 —	desgl.	404,5 —	353,25 —	0,8733
1,30 —	0,536 —	desgl.	405,0 —	353,52 —	0,8710 a.2 Vers.

Das eine der gebrauchten Röhrchen war zu wenig konisch, als daſs man dasselbe zur Ermittelung des Einflusses dieser Gestalt auf die ausströmende Gasmenge benutzen könnte. Werden dagegen die wenig unter einander verschiedenen Resultate der drei Versuche, bei denen die engere Oeffnung nach Innen gekehrt war, zusammengenommen, so beträgt hiernach der Werth von m = 0,86413. Unter den vier Versuchen, wobei die engere Oeffnung nach Auſsen gekehrt war, giebt bloſs der erste ein von den übrigen merklich abweichendes Resultat, welches aber als Mittel aus drei Bestimmungen, nämlich 0,7201, 0,7387, 0,7243, die sich einander sehr gleich sind, von groſsem Gewichte ist. Das arithmetische Mittel aus allen Versuchen giebt m = 0,69105, und wenn man den ersten Versuch als abweichenden wegläſst, so erhält man m = 0,67893. Aus der Vergleichung dieser Versuche geht übrigens noch ein anderes Resultat hervor, welches auch d'Aubuisson aus den seinigen gefunden haben will, nämlich daſs die konische Form dann die gröſsten Ausfluſsmengen giebt, wenn sie nicht zu sehr von der cylindrischen abweicht, und es möchte daher das Verhältniſs der Durchmesser = 8 : 5 wohl vorzüglich geeignet seyn, um diese Mengen ihrem Maximum wenigstens zu nähern.

Der eine der hier mitgetheilten Versuche, wobei die Durchmesser des Röhrchens nur so wenig verschieden waren, kann füglich als mit einem etwas längeren cylindrischen angestellt betrachtet werden, und dann kommt dabei zugleich das von Navier gleichfalls hervorgehobene Verhältniſs der Länge zum Durchmesser in Betrachtung. Dieses war bei dem durch Schmidt gebrauchten = 13 : 1, bei dem durch d'Aubuisson angewandten = 10 : 1 und 21 : 1, wenn man bei Letzterem bloſs die beiden mit etwas längern Röhren angestellten Versuche heraushebt. Für

Digitized by Google

diese fand d'Aubuisson m = 0,832 und m = 0,738, also im Mittel = 0,785, Schmidt dagegen m = 0,6651, also beträchtlich kleiner, und zwar im Verhältnisse von 1:0,847... Bei dem durch Lagerhielm gebrauchten Röhrchen war jenes Verhältniſs = 7,3:1 und der gefundene Werth von m = 0,7782, so daſs auch dieser im Verhältnisse von 1:0,8418 gröſser ist, mit dem durch d'Aubuisson gefundenen aber nahe übereinstimmt.

Beiläufig ist zu bedauern, daſs weder der französische, noch auch der schwedische Gelehrte mit ihren sehr vollkommenen Apparaten die Frage zu beantworten suchten, inwiefern die Ausfluſsmengen der Gasarten bedingt werden, wenn man die weitere Oeffnung der Ausfluſsröhren nach Auſsen kehrt, woraus schon das bekannte Verhalten bei tropfbaren Flüssigkeiten führen muſste, und dem deutschen Physiker gebührt daher das Lob, auch diesen Theil der ganzen Aufgabe nicht übersehn zu haben. Vergleichen wir aber vorläufig die von Schmidt und d'Aubuisson angestellten Versuche mit konischen Röhren, die engere Oeffnung nach Auſsen gerichtet, so darf nicht übersehn werden, daſs bei Letzterm nur in den drei ersten Versuchsreihen die Länge der Röhrchen ihren kleinsten Durchmesser um nicht völlig das Vierfache übertraf, bei Ersterm aber um das Dreizehnfache; der Letztere erhielt für m die drei ziemlich ungleichen Werthe m = 0,938, 0,917 und 0,798, also im Mittel m = 0,884, der Erstere dagegen m = 0,7274, 0,6736, 0,6764 und 0,6868, also aus allen im Mittel 0,69105 und aus den drei letztern, einander sehr gleichen, m = 0,67893, mithin gleichfalls im Verhältnisse von 1:0,768 kleiner. Ehe ich jedoch zu einer nähern Prüfung auch dieser ungleichen Resultate übergehe, muſs ich zuvor noch eine Uebersicht einiger spätern Versuche mittheilen, welche G. G. Schmidt gleichfalls mit seinen bereits beschriebenen Apparaten angestellt hat. Hierhin gehören zuerst diejenigen, wozu der Cylinder-Apparat und gläserne kurze Ausfluſsröhren gebraucht wurden, deren Resultate folgende Tabelle darstellt.

Ausfluſsröhren.		Mittlere Druckhöhe	Zeit des Ausströmens.	Menge der Luft.		Werth von m.
Länge.	Durchm.			Rechn.	Vers.	
0,6 Zoll	0,4 Lin.	34,53 Z.	120 Sec.	455,5	280,25	0,6149
0,3 —	0,4 —	33,95 —	120 —	449,7	280,25	0,6232
0,6 —	0,634 —	32,60 —	60 —	557,5	361,10	0,6548
0,3 —	0,634 —	33,18 —	60 —	561,5	385,80	0,6870

Aehnliche mit dem Glocken-Apparate gaben folgende Resultate.

Ausfluſsröhren.		Mittlere Druckhöhe.	Zeit des Ausströmens.	Menge der Luft		Werth von m.
Länge.	Durchm.			Rechn.	Vers.	
0,6 Zoll	0,634 Lin.	3,65 Z.	44 Sec.	139,7	78,6	0,5628
0,3 —	0,634 —	3,65 —	40,5 —	128,5	78,6	0,6115

Um nochmals den Einfluſs der konischen Gestalt bei den Ausfluſsröhren sowohl bei stärkerem als auch bei geringerem Drucke zu prüfen, dienten folgende Versuche, zuerst mit dem Cylinder-Apparate und gläsernen Röhrchen, bei denen die konische Zuspitzung nur 0,3 Zoll betrug.

Ausfluſsröhren.			Mittlere Druckhöhe.	Zeit des Ausströmens.	Menge der Luft.		Werth von m.
Länge in Zollen	Durchmess. in Linien hinterer	vorderer			Rechn.	Vers.	
1,3	0,385	0,690	33,13	90 Sec.	312,1	354,8	1,1225
0,6	0,385	0,690	34,79	60 —	217,7	247,27	1,1360
0,6	0,690	0,385	33,57	120 —	420,5	325,8	0,7712
0,7	0,683	0,650	34,40	45 —	453,3	282,6	0,6223

Bei der Anwendung des Glocken-Apparates wurden die oben beschriebenen messingnen Ausfluſsröhrchen gebraucht, welche dann folgende Resultate gaben.

Ausfluſsröhren.			Mittlere Druckhöhe.	Zeit des Ausströmens.	Menge des Gases.		Werth von m.
Länge in Zollen	Durchmess. in Linien hinterer	vorderer			Rechn.	Vers.	
0,6	0,5	0,8	3,65	58 Sec.	114,97	78,6	0,6836
0,6	0,8	0,5	2,65	75 —	124,30	78,6	0,6319
0,6	1,3	0.536	2,65	68 —	129,60	78,6	0,6066
0,6	0,536	1,3	3,65	42 —	95,68	78,6	0,8218
0,6	1,06	0,5634	2,65	61 —	128,00	78,6	0,6119

Ohne vorerst noch auf eine vollständige Lösung des vorliegenden wichtigen Problems einzugehn, führt die Uebersicht der hier mitgetheilten Bestimmungen zu einigen interessanten Folgerungen, wovon ich die wichtigsten kurz andeuten will.

1) Unter günstigen Bedingungen kann eine konische Ausfluſsröhre die Geschwindigkeit der Strömung so stark vermehren, daſs sie gröſser wird, als die Theorie sie giebt, gerade wie dieses auch für Wasser durch Dan. Bernoulli, Venturi und andere aufgefunden worden ist[1]. Solche Röhren scheinen auf jeden Fall und unter allen Bedingungen gröſsere Ausfluſsmengen zu geben, als wenn sie in umgekehrter Richtung angewandt werden, oder

---

1 Vergl. *Hydrodynamik* Bd. V. S. 588.

Digitized by Google

als die cylindriſchen, inzwiſchen äuſsern ſie diese Wirkung im Maximum bloſs bei einem geeigneten Verhältniſſe der Länge zum Durchmeſſer, und es läſst ſich annehmen, daſs dieſes ſich dann vorzüglich günſtig herausſtellt, wenn der kleine Durchmeſſer ſich zum groſsen wie 1 : 2 und zur Länge wie 1 : 10 verhält.

2) Wenn die nach Auſsen gerichtete koniſche Oeffnung noch durch einen cylindriſchen Fortsatz verlängert iſt, ſo ſcheint dieſes zur Vermehrung der Ausfluſsgeſchwindigkeit nichts weiter beizutragen. Die Verſuche hierüber ſind zu wenig zahlreich, nicht mannigfaltig genug modificirt, und die Folgerung kann daher nur dann als begründet angeſehn werden, wenn man die wenigen vorhandenen für hinreichend genau hält; denn als die Länge des Röhrchens nur 0,6 Zoll betrug, ergab ſich der Werth von m = 1,136, bei einer Verlängerung bis zu 1,3 Zoll aber wurde in zwei Verſuchen m = 1,137 und 1,108, alſo im Mittel = 1,1225 gefunden.

3) Soll die Geſchwindigkeit des Ausſtrömens bei cylindriſchen Röhren ihr Maximum nicht überſchreiten, ſo darf die Länge nicht mehr als das Fünffache des Durchmeſſers betragen; bei gröſserer Länge nimmt dieſelbe wieder ab.

4) Auf gleiche Weiſe nehmen die Geſchwindigkeiten bei cylindriſchen Röhren mit der Verminderung ihres Durchmeſſers wieder ab, aber beide Abnahmen ſtehn in ſehr ungleichen Verhältniſſen zu einander. Schmidt findet für das erſtere Verhältniſs 27 : 25 und für das letztere 3 : 2, allein dieſe Beſtimmungen beruhn bloſs auf den durch ihn ſelbſt angeſtellten Verſuchen.

5) Die Gröſse des Widerſtandscoefficienten hängt von der Glätte des Canals ab. Hiermit ſcheint zwar nicht übereinzuſtimmen, daſs der Werth von m kleiner gefunden wurde bei den gläſernen Röhrchen als bei den meſſingnen, obgleich die Oberfläche der erſtern Subſtanz härter und demnach auch glätter iſt, als die der letztern; allein man muſs wohl berückſichtigen, daſs bei den Strömungen der Gaſe nicht ſowohl von einer Ueberwindung der Reibung, als vielmehr der Adhäſion die Rede ſeyn kann, und es iſt den Phyſikern hinlänglich bekannt, wie ſchwierig namentlich weiche Körper, als Fäden, Zeuge, Leder, die Finger u. ſ. w. über die Oberfläche des Glaſes hingleiten. Schmidt fand auſserdem durch einen directen Verſuch mit einem kurzen cylindriſchen Anſatzrohre die Geſchwindigkeit der Strömung im

Verhältnisse von 56:61 vermehrt, als das eine Röhrchen inwendig geölt und dann wieder gereinigt worden war.

6) Geringe Druckhöhen geben zwar beim Ausströmen der Gase durch Oeffnungen in dünnen Blechen eine gleich groſse relative Geschwindigkeit, als gröſsere, insofern der Coefficient des Widerstandes bei beiden gleich gefunden wird, keineswegs ist dieses aber bei Ansatzröhren, auch selbst bei kurzen, der Fall, indem diese jederzeit eine Verzögerung herbeiführen und den beständigen Coefficienten m geringer geben. Schmidt findet die Ursache hiervon in dem Umstande, daſs die Vermehrung der Geschwindigkeit beim Durchgange eines Gasstromes durch ein Ansatzröhrchen nur dann überhaupt statt finden kann, wenn die beschleunigende Kraft eine gewisse Gröſse erreicht hat und demnach den unveränderlichen Widerstand, welcher aus der Adhäsion an den Wänden des Röhrchens hervorgeht, leichter überwindet. Diese Folgerung beruht indeſs abermals bloſs auf der Vergleichung der eben mitgetheilten Versuche unter sich; eine Zusammenstellung der später zu erörternden Beobachtungen von Girard und d'Aubuisson über das Strömen der Gase in langen, beträchtlich weiten Röhren könnte zwar zu einer ähnlichen Folgerung veranlassen, im Ganzen aber ergiebt sich daraus, daſs unter den letztern Bedingungen die Druckhöhen keinen bedeutenden Einfluſs äuſsern.

14) Später als die zuletzt beschriebenen Versuche und in der speciellen Absicht, die aus diesen abgeleiteten Gesetze zu prüfen, wurde eine nicht unbeträchtliche Reihe durch Fr. K. L. Koch[1] bekannt gemacht, die derselbe mit einem groſsen und für diesen Zweck eigends auf öffentliche Kosten verfertigten Apparate angestellt hatte. Die gebrauchten Vorrichtungen waren dem von G. G. Schmidt angegebenen Cylinderapparate nachgebildet, auch wurde im Ganzen diejenige Methode des Experimentirens in Anwendung gebracht, welche Letzterer befolgt hatte. Inzwischen hielt Koch die von seinem Vorgänger vorausgeschickte, bei der Berechnung der gefundenen Gröſsen an-

1 Versuche und Beobachtungen über die Geschwindigkeit und Quantität verdichteter atmosphärischer Luft, welche aus Oeffnungen von verschiedener Construction und durch Röhren ausströmt, von Fr. K. L. Koch. Aus dem ersten Bande der Studien des Göttingischen Vereins bergmännischer Freunde besonders abgedruckt. Gött. 1824. 8.

Digitized by Google

gewandte Theorie, die ihm auſserdem aus unzulänglichen Quellen bekannt war[1], für falsch, glaubte, die Auſsuchung eines Coefficienten des Widerstandes sey ganz unzulässig, und suchte daher eine Gleichung zwischen den Druckhöhen und den Ausfluſsgeschwindigkeiten bloſs aus seinen Versuchen aufzufinden, wodurch er dann nothwendig auf eine der Hyperbel zugehörige geführt werden muſste. Das Miſsverständniſs beruhte hauptsächlich auf der falschen Voraussetzung, daſs die Bewegungsgesetze tropfbarer Flüssigkeiten, aus diesem ihren eigenthümlichen Aggregatzustande entlehnt, auf den hiervon verschiedenen der gasförmigen Flüssigkeiten keine Anwendung gestatteten; aber die Theorie geht nicht von der Natur der tropfbaren Flüssigkeiten aus, sondern von dem Principe der Schwere und dem hierdurch bewirkten Falle der Körper, und muſs daher gleichmäſsig auf tropfbar- und elastisch-flüssige Körper mit gehörigen Modificationen Anwendung finden[2]. Inzwischen hatte die Unrichtigkeit der Theorie auf die angestellten Versuche keinen unmittelbaren Einfluſs, wenn gleich die berechneten Ausströmungsgeschwindigkeiten, welche bloſs aus den Beobachtungen entnommen und daher mit dem Widerstands-Coefficienten behaftet sind, eben diesen letztern nicht angeben, der sich jedoch durch eine abermalige Berechnung der erhaltenen Resultate auffinden lieſse. Dieses ist bereits durch G. G. Schmidt[3] in seiner gehaltreichen Prüfung jener Abhandlung geschehn, und hieraus ergiebt sich dann, daſs der Widerstands-Coefficient nach Koch's Versuchen für Oeffnungen in dünnen Blechen genau mit dem im Mittel durch Schmidt erhaltenen übereinstimmt und gleichfalls 0,52 beträgt; für kurze cylindrische Röhren und für konische, die engere Oeffung nach Auſsen gekehrt, beträgt er nach jenem 0,644 und 0,751, nach diesem dagegen

1 Auch d'Aubuisson macht die Bemerkung, daſs die Theorie und die bereits angestellten Versuche, dieses pneumatische Problem betreffend, in den Werken über die Hüttenkunde entweder übergangen oder nur mangelhaft abgehandelt werden.

2 Koch würde zur richtigen Ansicht der Sache sofort gelangt seyn, wenn er den eigentlichen Sinn des von ihm S. 16. ausgesprochenen Satzes, nämlich es lasse sich *a priori* (soll heiſsen theoretisch, aus bereits anerkannten Naturgesetzen) beweisen, daſs die Ausfluſsgeschwindigkeiten des Wassers sich wie die Quadratwurzeln aus den Druckhöhen verhalten, richtig erkannt hätte.

3 G. LXXVIII. 39.

Digitized by Google

0,63 und 0,70, mit sehr groſser Uebereinstimmung der durch beide gefundenen Werthe.

Die hier ausführlich mitgetheilten Erfahrungen sind wohl die wichtigsten. Unter die minder bedeutenden, die nur eine kurze Erwähnung verdienen, können die von Thomas Young gerechnet werden, welche derselbe in nächster Beziehung auf die Theorie des Schalles anstellte[1]. Dabei entwich die comprimirte Luft aus einer Oeffnung in einer Thierblase, die mit einer Nadel gestochen worden war und deren Durchmesser daher, wie genau auch ihre Messung seyn mochte, nicht mit der erforderlichen Schärfe bestimmt werden konnte. Inzwischen ergab sich doch aus diesen Versuchen und andern, wobei die Luft durch kurze Röhren strömte, daſs die Geschwindigkeit durch die letztern vermehrt wird.

15) Da man die bisher erwähnten und ihnen verwandte Untersuchungen nicht sowohl der Theorie wegen, als vielmehr zur Erforschung praktisch anwendbarer Gesetze angestellt hat, so ist es vor allen Dingen wichtig zu fragen, was für Resultate aus ihnen hervorgegangen sind. In dieser Beziehung wäre es bei der Wichtigkeit der Anwendung auf die Gebläse allerdings wünschenswerth, daſs die aus den mitgetheilten Hauptversuchen folgenden Bestimmungen des Werthes von m eine gröſsere Uebereinstimmung zeigen möchten; allein, wie bereits oben bemerkt wurde, es ist ganz unmöglich, die durch Schmidt und Koch aufgefundene Bestimmung dieses Werthes für Oeffnungen in dünnen Blechen und kurzen cylindrischen oder konischen Ausfluſsröhren mit denen zu vereinigen, die durch d'Aubuisson und Lagerhielm erhalten wurden. Návier hält aus theoretischen Gründen selbst den von d'Aubuisson erhaltenen Werth von m bei Oeffnungen in dünnen Blechen noch eher für zu klein als für zu groſs, indem er glaubt, derselbe müsse demjenigen gleich seyn, welcher für ausflieſsendes Wasser durch zahlreiche Versuche mit groſser Genauigkeit bestimmt worden ist, und dieses Argument gewinnt an Gewicht, wenn man berücksichtigt, daſs d'Aubuisson's Versuche den Werth von m für kurze Röhren gröſser gaben, als er beim Wasser gefunden wurde; um so viel mehr also muſs die durch Schmidt erhaltene weit geringere Gröſse als ganz unzulässig erscheinen. Inzwischen zeugen

1 Phil. Trans. 1800. p. 106. Auch in G. XXII. 249.

für die Gültigkeit der durch Letztern angeſtellten Verſuche, auſser ihrer nahen Uebereinſtimmung mit den durch Koch mitgetheilten, ihre groſse Menge und mehrfache Wiederholung, insbeſondere aber die bekannte groſse Gewiſſenhaftigkeit und erprobte Geſchicklichkeit des Experimentators. Werden ſie jedoch mit denen verglichen, womit d'Aubuisson die Wiſſenſchaft bereichert hat, ſo fällt das Uebergewicht auf die Seite dieſer letztern. Auch bei dieſen iſt die nahe Uebereinſtimmung mit demjenigen, was Lagerhielm aufgefunden hat, von groſsem Gewichte, und groſse Gewiſſenhaftigkeit mit ungewöhnlicher Fertigkeit im Experimentiren iſt auch dieſem berühmten Phyſiker nicht abzuſprechen; überhaupt aber darf man die mit allen Einzelnheiten genau beſchriebenen Verſuche des Letztern nur gehörig prüfen, um zu der feſten Ueberzeugung zu gelangen, daſs das durch ſie gegebene Reſultat nicht anders als richtig ſeyn kann. Dagegen läſst ſich in Beziehung auf die durch Schmidt gefundenen Werthe von m allerdings mit Grunde einwenden, daſs zwar die für die Strömung durch Oeffnungen in dünnen Blechen und kurze Anſatzröhren gefundenen ſehr genau unter einander übereinſtimmen, keineswegs iſt dieſes aber der Fall bei der Anwendung von koniſchen Röhren. Faſſen wir daher alle die mitgetheilten Thatſachen zuſammen, ſo gehn aus ihnen folgende auch für die praktiſche Anwendung wichtige Folgerungen hervor.

1) G. G. Schmidt hat ſeine Verſuche nur mit ſehr engen Oeffnungen und Röhren angeſtellt, wobei der Widerſtandscoefficient an ſich ſchon gröſser wird, vermuthlich gehn aber aus der Anſetzung des mit einem Hahne verſehenen Stücks, aus dem Einſchleifen und der, wenn gleich verhältniſsmäſsig weiten, Bohrung des Letztern und aus dem Einſchrauben der hohlen Spitze einige ſonſt nicht berückſichtigte Hinderniſſe hervor, die den Widerſtandscoefficienten vermindern. Weil indeſs eben dieſe bei kleinern, namentlich Gasgebläſen, gleichfalls vorkommen, ſo iſt es bei der unverkennbaren Genauigkeit des Experimentators am geeignetſten, für dieſe Fälle, wenn eine Berechnung darüber angeſtellt wird, den Werth von m ſo, wie er im Mittel gefunden worden iſt, alſo etwa = 0,52 für Oeffnungen in dünnen Blechen anzunehmen.

2) Zur Beſtimmung der Ausſtrömungsgeſchwindigkeit der Luft aus gröſsern Oeffnungen in dünnen Blechen ſind die Ver-

suche von Banks keineswegs ganz verwerflich, denn sein Apparat war hinlänglich groſs, die Oeffnungen waren nicht allzu klein, die Höhe des Druckwassers blieb sich stets gleich; auch scheint mir das Verschlieſsen und Oeffnen der Ausfluſsöffnung vermittelst des Fingers noch immer ein weit sichereres Mittel, als die Anwendung eines Guericke'schen Hahns; denn in diesem Umstande scheint mir zum Theil der Grund zu liegen, weswegen die Versuche von Schmidt sehr allgemein ein zu kleines Resultat geben, indem die abgesperrte und ruhende Luft nach der Umdrehung des Hahns erst in Bewegung kommen und die äuſsere, ihr entgegenwirkende fortzustoſsen anfangen muſs, ehe sie gleichmäſsig flieſst. Am sichersten ist es auf jeden Fall, das Gasometer erst so lange sinken zu lassen, bis dessen Herabsinken gleichmäſsig wird, und dann die Zeitmessung zu beginnen, wie dieses durch Lagerhielm und d'Aubuisson geschah. Navier zeigt zwar einige Vorliebe für die Versuche des Erstern, allein mir scheinen vielmehr die des Letztern so sehr allen billigen Forderungen zu genügen, daſs ich dem aus einer sehr groſsen Menge und mit geringer Abweichung unter einander gefundenen Mittelwerthe von m den Vorzug einzuräumen kein Bedenken trage. Hiernach bleibt also die durch Schmidt und Koch gefundene Bestimmung des Werthes von m unberücksichtigt (mit Ausnahme der so eben in Nr. 1. bezeichneten Anwendung), Banks fand $m = 0{,}632$, d'Aubuisson $= 0{,}65$, Lagerhielm $= 0{,}62$, und wenn wir das arithmetische Mittel aus diesen drei Bestimmungen wählen, so ergiebt sich $m = 0{,}634$, wofür wir, bei dem überwiegenden Werthe der durch d'Aubuisson gefundenen, $m = 0{,}64$ für die praktische Anwendung mit vollkommener Sicherheit als hinlänglich genau annehmen können.

3) Zur Beantwortung der Frage über den Werth von m für kurze cylindrische Ansatzröhren stehn uns bloſs die Versuche von d'Aubuisson als hinlänglich genau zu Gebote; denn die von Schmidt und Koch stimmen unter sich zu wenig überein und sind obendrein aus den bereits angegebenen Gründen verwerflich, Lagerhielm aber wandte, eben so wie die beiden genannten Gelehrten, zu lange Röhren an, deren Länge ihren Durchmesser um das 7,3fache übertraf, abgerechnet, daſs die beiden durch ihn erhaltenen Bestimmungen unter sich zu verschieden sind, als daſs sie zu einem Mittelwerthe vereinigt wer-

den dürſten. Wenn daher die Länge ſolcher kurzen cylindriſchen Röhren ihren Durchmeſser um nicht mehr als das 5fache übertrifft, ſo iſt nach den zahlreichen und unter ſich wenig abweichenden Verſuchen von d'Aubuisson im Mittel der Werth von m = 0,924 oder = 0,92. Wächst die Länge gegen den Durchmeſser vom 5fachen bis etwa zum 15fachen, ſo ſchwankt der Werth von m zwiſchen 0,84 bis etwa 0,75 nach d'Aubuisson und Lagerhielm.

4) Für kurze koniſche Röhren, die engere Oeffnung nach Auſsen gekehrt, dürfen wir unbedenklich den durch d'Aubuisson aus ſeinen eben ſo zahlreichen als genau unter ſich übereinſtimmenden Verſuchen gefundenen Werth von m = 0,93 annehmen, vorausgeſetzt, daſs bei einer 4 bis 5fachen Länge gegen den kleinſten Durchmeſser letzterer den gröſsern um nicht mehr als das Doppelte übertrifft. Ueberhaupt dürſten zu mehrerer Sicherheit der Berechnung für die praktiſche Anwendung nur die cylindriſchen oder wenig koniſchen Ausfluſsröhren Empfehlung verdienen.

5) Koniſche Röhren, die weitere Oeffnung nach Auſsen gekehrt, ſind für die praktiſche Anwendung wohl nicht ſehr zu empfehlen; denn obgleich ſie eine gröſsere Ausfluſsmenge geben, ſo würde dann auch im Groſsen durch die gröſsere Menge des ausſtrömenden Gaſes der manometriſche Druck vermuthlich ſchneller abnehmen und hieraus eine ſchwer zu berechnende Compenſation erwachſen. Theoretiſch iſt es jedoch intereſsant, daſs die Gasarten unter dieſer Bedingung ſich auf gleiche Weiſe verhalten, als die tropfbaren Flüſsigkeiten, und auſserdem ſind Canäle, die ſich allmälig etwas erweitern, bei der *Luftheizung* und der *Ventilation* zur Beförderung des Luftzugs gewiſs nützlich. Zur Beſtimmung des Werthes von m für ſolche mit der weitern Oeffnung nach Auſsen gekehrte Röhren ſtehn uns bloſs die Verſuche von G. G. Schmidt zu Gebote, die jedoch als allein ſtehend und zu wenig zahlreich, auch nicht genug unter ſich übereinſtimmend nur als Näherung zu betrachten ſind. Hiernach würde alſo der Werth von m = 1,25 im Mittel feſtzuſetzen ſeyn.

6) Für die praktiſche Anwendung, namentlich um diejenige Luftmenge zu finden, welche ein Gebläſe bei bekannter Höhe des Manometers und Weite der Ausſtrömungsöffnung in einer beſtimmten Zeit giebt, iſt es von groſser Wichtigkeit,

Digitized by Google

solche Formeln zu benutzen, welche leicht anwendbar sind und dennoch zugleich eine hinlängliche Genauigkeit gewähren. In Beziehung auf die vorliegende Aufgabe genügt sicherlich die oben (4) mitgetheilte. Bezeichnet dann allgemein M die Menge der ausströmenden Gasart in Kubikmetern, m den beständigen Coefficienten des Widerstandes, d den Durchmesser der Ausfluſsöffnung in Metern, π das Verhältniſs des Kreisumfanges zum Durchmesser, ν die Grade des Centesimalthermometers, H den Ueberschuſs des innern Luftdrucks über den äuſsern oder den Stand des Wassermanometers[1], Π das spec. Gewicht der atmosphärischen Luft und Π' das der ausströmenden Gasart[2], und nimmt man für den mittlern Luftdruck h die Länge einer Wassersäule von 10,25 Metern an, so beträgt die Ausfluſsmenge in einer Sexagesimalsecunde bei runden Oeffnungen[3]

$$M = 394{,}5\,\frac{d^2}{4}\,m\sqrt{\frac{(1+0{,}00375\,\nu)\,.\,H}{10{,}25+H}}\sqrt{\frac{\Pi}{\Pi'}}$$

$$= 309{,}84\ d^2\ m\sqrt{\frac{(1+0{,}00375\,\nu)}{10{,}25+H}}\,.\sqrt{\frac{\Pi}{\Pi'}}$$

und für sonstige Oeffnungen vom Flächeninhalte $= e^2$ der Ausfluſsöffnung

$$M = 394{,}5\ e^2\ m\sqrt{\frac{(1+0{,}00375\,\nu)\,H}{10{,}25+H}}\sqrt{\frac{\Pi}{\Pi'}}\,.\,.$$

Soll dagegen M in pariser Kubikfuſs gefunden werden, wonach h einer Wassersäule von 32 par. Fuſs gleichgesetzt wird, so hat man

$$M = 1215\,\frac{d^2}{4}\,m\sqrt{\frac{(1+0{,}00375\,\nu)\,H}{32+H}}\,.\sqrt{\frac{\Pi}{\Pi'}}$$

$$= 954{,}26\ d^2\sqrt{\frac{(1+0{,}00375\,\nu)\,H}{32+H}}\,.\sqrt{\frac{\Pi}{\Pi'}}$$

und für Oeffnungen von beliebiger Gestalt und einem Flächeninhalte $= e^2$

$$M = 1215\ e^2\ m\sqrt{\frac{(1+0{,}00375\,\nu)\,H}{32+H}}\sqrt{\frac{\Pi}{\Pi'}}\,.$$

---

1 Bei der Anwendung eines Quecksilbermanometers muſs mit $\sqrt{13{,}6}$ multiplicirt werden, weil die Gröſse H um so viel, nämlich das spec. Gewicht des Quecksilbers, zu klein ist.

2 Die Gründe für die Beifügung dieses Factors werden später untersucht werden. S. unten §. 20.

3 Es versteht sich, daſs bei konischen Röhren die kleinste Oeffnung in Rechnung genommen werde.

Digitized by Google

Für alle diese Formeln ist der Werth von m durch die so eben mitgetheilten Angaben bestimmt.

16) Kurze Ausfluſsröhren vergröſsern die Menge der ausströmenden Gase in Vergleichung mit Oeffnungen in dünnen Blechen, allein die Vermehrung erreicht bei zunehmender Länge bald ihr Maximum und nimmt dann wieder ab. Hierauf führte auſser theoretischen Gründen schon das diesem ähnliche Verhalten des Wassers, auch ergab sich dasselbe sofort bei absichtlich angestellten Versuchen. Es ist hierbei allerdings denkbar, daſs die fortgesetzte Abnahme der Geschwindigkeit endlich zum gänzlichen Stillstande führen müſste, allein theils ist die Verminderung zu gering, als daſs bei wirklichen Ausführungen die Länge der Röhren bis zu diesem Extreme ausreichen sollte, theils liegt in der langsamern Bewegung selbst ein Grund, daſs die stärkere Zusammendrückung der Gasarten stets weiter fortschreitet, und mit dieser zugleich die Ursache der Strömung, so daſs also ein gänzlicher Stillstand erst bei unendlicher Länge der Röhrenleitung statt finden könnte oder physisch unmöglich seyn würde.

Die Frage über die Fortpflanzung der Luftbewegung durch bedeutend lange Röhren kam schon früh durch Papin[1] zur Untersuchung, welcher den Vorschlag that, zur leichten Fortpflanzung der Bewegung auf groſse Entfernungen an irgend einem durch Wasser getriebenen Rade eine Compressionspumpe anzubringen, die hierdurch verdichtete Luft vermittelst langer Röhrenleitungen an den Ort zu führen, wo man den Effect verlangte, und daselbst einen Kolben in einem Stiefel durch sie in Bewegung zu setzen. Dr. Hooke machte sofort Einwendungen gegen diesen Vorschlag und man wollte daher in England nicht auf die Ausführung eingehn, aber dennoch geschah dieses in der Auvergne und in Westphalen, jedoch mit so gänzlich fehlschlagendem Erfolge, daſs die am Ende der Leitungsröhre angebrachte Maschine gar nicht sich zu bewegen anfing[2]. Papin suchte die Ursache in der Menge der Luft, die in dem langen Canale verdichtet werden müsse, was allerdings gegründet ist und sich im Voraus erwarten lieſs; als er aber die Weite der

---

1 Phil. Trans. 1685. T. XV. p. 1093. 1254. 1274.

2 Vergl. Barlow in Encyclopaedia metrop. Mixed Sc. T. I. p. 346.

Digitized by Google

Leitungsröhren beträchtlich verminderte und statt der Verdichtung vielmehr Verdünnung der Luft anwandte, war der Erfolg nicht besser, weswegen man auch die ganze Idee seitdem aufgegeben hat, obgleich sie theoretisch wohlbegründet ist, in der groſsen Geschwindigkeit, womit die atmosphärische Luft in leere Räume dringt, eine bedeutende Unterstützung findet und das Miſsglücken der ersten Versuche ohne Zweifel, eben so wie anfänglich bei den Dampfmaschinen, dem Mangel an einer genauen Ausführung beizumessen ist. Barlow [1] erzählt zugleich, daſs später ein sehr erfahrner Ingenieur ein wohl eingerichtetes Cylindergebläse an einem kräftigen Wasserfalle erbaut und von demselben aus eine Röhre bis zu einem 1,5 engl. Meilen (7435 par. Fuſs) entfernten Hüttenwerke fortgeleitet habe; allein so sehr auch dafür gesorgt war, daſs die hinlänglich weiten und im Innern glatten Röhren luftdicht hielten, so gaben sie doch am Ende einen so schwachen Windstrom, daſs derselbe kaum ein Licht auszublasen vermochte, und was noch mehr auffallen muſste, die Zeit der Ankunft dieses Stroms, die auf 6 Secunden berechnet war, betrug 10 Minuten [2]. Vermuthlich ist diese Erfahrung die nämliche, welche später unter den deutschen und französischen Physikern ein ungewöhnliches Aufsehn erregte. Joh. Baader [3] erzählt nämlich, daſs John Wilkinson von ei-

1 A. a. O. Eben das Nämliche erzählt Robison in Mechanical Philosophy. T. III. p. 695.

2 Barlow folgert hieraus, daſs die bloſse Theorie beim Maschinenwesen unzureichend sey und die praktische Erfahrung durchaus dabei zu Rathe gezogen werden müsse. Allein was theoretisch, d. h. durch Gesetze, die ohnehin auf genügenden Erfahrungen beruhn, allseitig wohl begründet ist, kann in der Anwendung nie fehlen; es kommt nur darauf an, daſs alle obwaltende Bedingungen gehörig berücksichtigt worden sind, was sehr häufig nicht geschieht. Auch im vorliegenden Falle würde der erwartete Erfolg nicht ausgeblieben seyn, wenn der comprimirten Luft durch gehörige Ventile der Rückgang abgeschnitten worden wäre, indem hierdurch der in der Röhrenleitung eingeschlossenen allmälig die erforderliche Geschwindigkeit ertheilt worden wäre, die sie dann bei fortdauernder Zusammendrückung unausgesetzt beibehalten haben würde. Vermuthlich aber trat die durch den Widerstand in der Leitungsröhre comprimirte wieder in die Cylinder und es entstand eine bloſse Oscillation statt eines fortdauernden Luftstroms.

3 Beschreibung und Theorie des englischen Cylindergebläses. München 1805. Vergl. Journal des Mines T. XXVI. p. 113.

Digitized by Google

ner durch Waſser getriebenen Cylindermaschine eine Leitung aus eiſernen, 12 Zoll weiten Röhren geradezu nach dem Ofen geführt habe. Beim Anlaſsen der Maschine drang die comprimirte Luft mit groſser Gewalt durch alle Fugen und hob ein stark mit Gewichten beschwertes Ventil, am Ende des langen Canals aber war an einem vor die Mündung gehaltenen Lichte nicht die geringste Luftbewegung zu verspüren. Nachdem das Ventil noch stärker beschwert war, bewegte sich das Maschinenrad stets langsamer und stand zuletzt still. Man kam daher auf die Vermuthung, der Canal müsse irgendwo zufällig verstopft worden seyn, und lieſs eine lebende Katze, welcher man den Rückweg abschloſs, hindurchlaufen, die auch wirklich aus der Mündung wieder herauskam, worauf Wilkinson in die ganze Röhrenleitung von 30 zu 30 Fuſs Löcher bohren lieſs, aber erst in einem Abstande von nur 600 Fuſs von der Maschine an kam aus diesen ein schwacher Luftstrom und nahm mit gröſserer Annäherung in dem Verhältniſse zu, als die Luft stärker comprimirt war. Von Busse[1] suchte dieses auffallende Phänomen zu erklären, obgleich ihm aus einer andern Nachricht[2] bekannt war, daſs eine Waſsertrommel durch eine Röhrenleitung von weit geringerem Durchmeſser auf 200, ja 500 und selbst 1000 Lachter Länge ihre Wirkung keineswegs versagt hatte, allein Lehot, Desormes und Clement wiesen nach, daſs die ganze Erzählung nicht bloſs mit der Theorie, sondern auch mit ausgemachten Erfahrungen im Widerspruche stehe[3]. Zur directen Prüfung stand ihnen bloſs eine 1380 Fuſs lange und 9 Zoll weite Röhrenleitung zu Gebote, die noch obendrein nicht einmal überall luftdicht war, allein ein bloſser Handblasebalg, am einen Ende angebracht, erzeugte in groſser Geschwindigkeit am andern einen bedeutenden Wind, dessen gröſste Stärke jedoch erst einige Zeit später wahrgenommen wurde. Gegenwärtig unterliegt die Falschheit der Vorstellung von einem durch die Länge der Röhrenleitung erzeugten so bedeutenden Widerstande keinem Zweifel mehr, da man namentlich das zur Be-

1 G. XX. 404.

2 Bericht vom Bergbau. Freiberg 1796. Vergl. C. T. Delius Anleitung zur Bergbaukunst. Wien 1775 u. 1806.

3 Aus dem Bulletin de la Soc. Philomatique, Par. 1811, aufgenommen in G. XXXIX. 142. Die genannten Gelehrten kannten die Sache aus einer Nachricht im Journal des Mines T. XXIX.

Digitized by Google

leuchtung dienende Gas vielfach durch ungleich längere Röhren bei nur schwachem Drucke im Gasometer bereits ohne Schwierigkeit fortgeleitet hat.

17) Theoretische Untersuchungen über die Fortleitung der Luft durch lange Röhren hat vorzüglich Navier[1] gleichfalls angestellt, welche allerdings verdienen, ihrem wesentlichen Inhalte nach hier mitgetheilt zu werden, um so mehr, als sie sich zugleich über eine andere Frage, nämlich über den Einfluſs der Dichtigkeit des strömenden Gases, verbreiten. So viel ist dabei schon im Voraus gewiſs, daſs auf gleiche Weise, als die Bewegung des Wassers in langen Röhren ein die Geschwindigkeit verminderndes Hinderniſs erleidet, dieses auch bei der Luft und den Gasarten der Fall seyn muſs, da beide Arten von Flüssigkeiten bei ihren Strömungen die nämlichen Gesetze befolgen. Um diese für die letztern aufzufinden, geschehe die Strömung in einem cylindrischen Canale, wobei im ersten Quer-
Fig. schnitte AB ein beständiger Druck $= P$ und im letzten CD
74. ein gleichfalls beständiger $= P'$ wirksam ist. Heiſst dann

W die Fläche eines Querschnittes der Röhre,

ψ der Umfang dieses Querschnittes,

D dessen Durchmesser,

x der Abstand $M\mu$ eines Querschnitts vom Anfange M,

λ die ganze Röhrenlänge MN,

u die Strömungsgeschwindigkeit in einem beliebigen Querschnitte $\alpha\beta$,

U die Ausfluſsgeschwindigkeit am Ende CD,

β ein aus der Erfahrung zu entnehmender Coefficient, um diese mit der Theorie in Uebereinstimmung zu bringen;

wird dann ferner angenommen, daſs ein Luftcylinder in $\alpha\beta$ an seiner Bewegung gehindert wird durch eine Kraft, welche der Dichtigkeit ϱ, dem Elemente der Fläche ψdx und dem Quadrate der Geschwindigkeit $= u^2$ proportional ist, so ist für einen Druck $= p$ im Querschnitte $\alpha\beta$ nach der oben mitgetheilten Gleichung (5)

$$-W dp = \varrho \psi dx \,.\, \beta u^2 + \varrho W dx \frac{du}{dt}$$

und für $p = k\varrho$ gesetzt

$$-k \frac{dp}{p} = \frac{\psi}{W} dx \,.\, \beta u^2 + dx \frac{du}{dt} \quad \ldots\ldots \quad (14)$$

1 Mém. de l'Acad. Roy. de l'Institut de France. T. IX. p. 855 ff.

Da der Querschnitt der Röhre unveränderlich ist, so wird nach der Gleichung (6) hier $u = \frac{P'U'}{p}$; $\frac{du}{dt} = -\frac{P'U}{p} \cdot \frac{dp.dx}{dx.dt}$.

Wenn man diese Werthe substituirt und $dx = udt$ und $\frac{\psi}{W} = \frac{4}{D}$ setzt, so erhält man

$$-kpdp = \frac{4}{D}dx.\beta P'^2 U^2 - P'^2 U^2 \frac{dp}{p}$$

und davon das Integral

$$-\tfrac{1}{2}kp^2 = \frac{4}{D}x.\beta P'^2 U^2 - P'^2 U^2 \log.p + \text{Const.}$$

Hierin wird die Constante bestimmt, wenn man berücksichtigt, daſs für den Querschnitt AB am Anfange der Röhre $x = 0$ und $p = P$ ist, wonach also

$$\tfrac{1}{2}k(P^2 - p^2) = \frac{4x}{D}\beta P'^2 U^2 + P'^2 U^2 \log.\frac{P}{p}$$

und, da am Ende bei CD der Röhrenleitung $x = \lambda$ und $p = P'$ wird,

$$\tfrac{1}{2}k(P^2 - P'^2) = \frac{4\lambda}{D}\beta P'^2 U^2 + P'^2 U^2 \log.\frac{P}{P'} \quad \ldots (15)$$

Hiernach wird die Geschwindigkeit, womit das Gas ausströmt,

$$U = \sqrt{\frac{\frac{k}{2}\left(\frac{P^2}{P'^2} - 1\right)}{\frac{4\beta\lambda}{D} + \log.\frac{P}{P'}}} \quad \ldots\ldots (16)$$

Ist die Geschwindigkeit gefunden, so ist die Masse des ausströmenden Gases ein Product aus dieser und dem Flächen-Inhalte der Ausströmungsöffnung bei einem Drucke $= P'$, also wenn dieselbe unter dem Drucke $= P$ im Gasometer gemessen wird und M heiſst, so ist

$$M = \frac{\pi D^2}{4}\sqrt{\frac{\frac{k}{2}\left(1 - \frac{P'^2}{P^2}\right)}{\frac{4\beta\lambda}{D} + \log.\frac{P}{P'}}} \quad \ldots\ldots (17)$$

Wenn die Leitungsröhre sehr lang ist, folglich D sehr klein im Verhältnisse zu λ, so ist in (16) der eine Theil des Divisors $\log.\frac{P}{P'}$ gegen den andern unbedeutend, kann also vernachlässigt werden, und man erhält demnach

Digitized by Google

$$U = \sqrt{\frac{kD}{8\beta\lambda} \cdot \left(\frac{P^2}{P'^2} - 1\right)} \quad \ldots\ldots \quad (18)$$

für die Ausfluſsmenge aber

$$M = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{kD}{8\beta\lambda}\left(1 - \frac{P'^2}{P^2}\right)} \quad \ldots\ldots \quad (19)$$

Durch Verbindung der Gleichungen (15) läſst sich U eliminiren, so daſs

$$\frac{P^2 - p^2}{P^2 - P'^2} = \frac{\frac{4\beta x}{D} + \log.\frac{P}{p}}{\frac{4\beta\lambda}{D} + \log.\frac{P}{P'}} \quad \ldots\ldots \quad (20)$$

wird, woraus sich der Werth von p für den Abstand $= x$ vom Gasometer findet, dessen Werth allmälig von P bis P′ abnimmt. Sind hierin x und λ sehr groſs im Verhältnisse zu D, so daſs hiergegen die Werthe von $\log.\frac{P}{p}$ und $\frac{P}{P'}$ vernachlässigt werden können, so erhält man

$$\frac{P^2 - p^2}{P^2 - P'^2} = \frac{x}{\lambda}; \text{ also } p = \sqrt{P^2 - (P^2 - P'^2)\frac{x}{\lambda}} \quad \ldots \quad (21)$$

18) In der Anwendung erhalten die hier aufgestellten Sätze meistens eine Abänderung, welche namentlich bei den Leitungsröhren des Leuchtgases in Betrachtung kommt. Diese laufen nämlich in der Regel mit geringer Weite aus einem groſsen Gasometer aus und endigen nach einer langen Strecke in eine enge Mündung, aus welcher die Ausströmung statt findet. Ist
Fig. 75. dann AB ein Stück von der Fläche des Gasometers, so wird das Gas, wenn es den nämlichen Gesetzen als Wasser unterliegt, von der Einströmungsöffnung EF an bei ef eine Zusammenziehung erleiden. Daniel Bernoulli, de Borda und Navier, welche dieses annehmen und zugleich durch den Ausdruck *lebendige Kraft eines Körpers* das Product seiner Masse in das Quadrat seiner erlangten Geschwindigkeit, durch *lebendige Kraft eines Systems* die Summe aller dieser Producte für die gesammten zum Systeme gehörigen materiellen Puncte, durch *Moment einer Kraft* (*quantité d'action imprimée par une force*) das Integral des Productes eines Zugs oder Drucks, welche durch eine Kraft erzeugt werden, in das Element des Raums, welchen der Angriffpunct in der Richtung der Kraft durchläuft, bezeichnen, bringen dann die Gesetze über das Ausströmen elastischer Flüssigkeiten auf das Princip von der Erhaltung der lebendigen

Kräfte zurück. Dabei darf aber nicht überſehn werden, daſs dieses Princip, welches darin besteht, daſs die lebendige Kraft eines Systems in einer gegebenen Zeit um eine Gröſse wächst, welche dem doppelten Momente der Kraft gleich ist, nur insofern auf elastische Flüssigkeiten eine Anwendung leidet, als man nicht bloſs die äuſsern Kräfte, sondern auch diejenigen berücksichtigt, welche im Innern sich auf die einzelnen Theile des Systems wirksam zeigen. Werden dann die angegebenen Bezeichnungen beibehalten und nennt man irgend einen Querschnitt $\alpha\beta$ der Röhrenleitung $= w$, so ist nach Verfluſs der Zeit t die lebendige Kraft der Gasart in diesem Querschnitte $= \varrho w dx . u^2$, welche in dem Elemente der Zeit dt um das Differential der Geschwindigkeit wächst und also $= \varrho w . dx\, 2udu$ wird, wonach man also für die Zunahme der lebendigen Kraft der Bewegung der elastischen Flüssigkeit in diesem Zeitelemente erhält

$$\int \varrho w . dx . 2udu,$$

welches Integral von dem Flächenschnitte AB bis zu dem CD oder für $x = 0$ bis $x = MN$ genommen werden kann. Zugleich aber ist die elastische Flüssigkeit in diesem Querschnitte dem wechselseitigen Einflusse der elastischen Flüssigkeit in andern Querschnitten unterworfen, welcher ihr mit einer Kraft $= w dp$ entgegenwirkt, und da sie in dem Elemente der Zeit dt den Raum $u dt$ durchläuft, so ist das ihr durch jenen Einfluſs ertheilte Moment der Kraft $= - w dp . u dt$, und die Summe aller dieser Gegenwirkungen wird gegeben durch das Integral

$$\int w . dp . udt,$$

welches für die nämlichen Grenzen, wie das obere, zu nehmen ist. Hieraus folgt also die Gleichung

$$-2\int w dp . udt = \int \varrho w . dx . 2udu. \quad . \quad . \quad . \quad (22)$$

Wird dann der Querschnitt EF, worin der Druck der Flüssigkeit $= P$ ist, durch W und der Querschnitt CD, worin derselbe nur noch $= P'$ ist, durch W' bezeichnet und angenommen, daſs der in ef zusammengezogene Gascylinder sich plötzlich bis GH ausdehnt, wobei der Druck in ef durch B, in GH durch B' zu bezeichnen ist, heiſst endlich der Druck zunächst

vor der Mündung des Rohrs P″, so folgt, daſs erstlich wegen des Verlustes an lebendiger Kraft bei der Ausdehnung von ef nach GH zum zweiten Gliede der vorstehenden Gleichung (22) gesetzt werden muſs

$$\frac{P'}{k} W' . U dt . U^2 \left(\frac{P' W'}{B . nw} - \frac{P' W'}{B' w}\right)^2,$$

worin nw die Fläche des Querschnitts durch ef bezeichnet, und daſs zweitens für das Moment der Kraft, welches in jedem Querschnitte der Röhre durch die Reibung an den Wänden oder durch die Adhäsion an denselben der Geschwindigkeit der Bewegung entgegenwirkt, zum ersten Gliede dieser Gleichung hinzugesetzt werden muſs

$$-2 \int \frac{p}{k} \psi dx . \beta u^2 . u dt.$$

Auf diese Weise erhält man nach der Multiplication mit k und Division durch 2 die Gleichung für die Bewegung der elastischen Flüssigkeiten

$$-k \int w dp . u dt =$$

$$\int p \psi dx . \beta u^2 . u dt + \int p w . dx . u du$$

$$+ P' W' U dt . \frac{U}{2} \left(\frac{P' W'}{B n w} - \frac{P' W'}{B' w}\right)^2,$$

und wenn man alle Glieder durch die gleichen Factoren pwudt und P′ W′ U dt dividirt, wobei zugleich zu berücksichtigen ist, daſs das Element des Raums dx in dem Elemente der Zeit dt mit der Geschwindigkeit u zurückgelegt wird,

$$-k \int \frac{dp}{p} = \int \frac{\psi}{w} dx . \beta u^2 + \int u du$$

$$+ \frac{U^2}{2} \left(\frac{P' W'}{B n w} - \frac{P' W'}{B' w}\right) \quad . \quad . \quad . \quad (23)$$

Das Integral von $-\frac{dp}{p}$ muſs vom Querschnitte AB bis zu CD genommen werden und ist dann log. $\frac{P}{P'}$; das Integral von udu für eben diese Grenzen genommen wird dann $\frac{U^2}{2}\left(1 - \frac{P'^2 W'^2}{P^2 W^2}\right)$. Das Integral $\int \frac{\psi}{w} dx . \beta u^2$ läſst sich zurückführen auf das Integral

$$\int \frac{\psi}{w} dx . \beta . \frac{P'^2 W'^2 U^2}{p^2 w^2},$$

ist ferner für die ganze Länge der Röhre zu nehmen, also von $x = 0$ bis $x = \lambda$, und da hiernach die Werthe von ψ und w als beständig zu betrachten sind, während p veränderlich ist und zwischen den Querschnitten GH und IK von der Gröſse B′ zur Gröſse P″ übergeht, so kennt man zwar das Gesetz dieser Veränderung nicht genau, kann sich aber sicher von der Wahrheit nicht weit entfernen, wenn man p so nimmt, als es in der Gleichung (21) gefunden wurde, wonach dann unter den hier gegebenen Bedingungen und nach den gewählten Bezeichnungen

$$p = \sqrt{B'^2 - (B'^2 - P''^2)\,\frac{x}{\lambda}}$$

ist, so daſs also jenes Integral in folgendes verwandelt wird:

$$\int \frac{\psi}{w} \cdot \frac{dx}{B'^2 - (B'^2 - P''^2)\frac{x}{\lambda}} \cdot \frac{\beta P'^2 W'^2 U^2}{w^2},$$

wofür das Integral innerhalb der bereits angegebenen Grenzen ist

$$\frac{\beta\lambda\psi}{w} \cdot \frac{P'^2 W'^2 U^2}{(B'^2 - P''^2)\,w^2} \cdot 2\log.\frac{B'}{P''}.$$

Demnach wird das vollständige Integral der Gleichung:

$$2k\,.\log.\frac{P}{P'} = U^2\Big[\frac{2\beta\lambda\psi}{w} \cdot \frac{P'^2 W'^2}{(B'^2 - P''^2)\,w^2} \cdot 2\log.\frac{B'}{P''}$$

$$+ 1 - \frac{P'^2 W'^2}{P^2 W^2} + \Big(\frac{P' W'}{B.nw} - \frac{P' W'}{B' w}\Big)^2\Big] \quad . \quad . \quad (24)$$

Nach dieser Gleichung könnte die Geschwindigkeit des Ausflusses $= U$ gefunden werden, wenn die Pressungen B, B′ und P″ bekannt wären, die in den Querschnitten ef, GH und IK statt finden. Um sie zu bestimmen, läſst sich annehmen, daſs die Pressung im Raume EefF durch die Gleichung (23) gegeben ist, wenn man im zweiten Gliede den Ausdruck wegläſst, welcher die Wirkung der Adhäsion an den Wänden und den Verlust der lebendigen Kraft, welcher im Flächenschnitte ef eintritt, und die Integrale von der Fläche AB an bis zu demjenigen Querschnitte nimmt, für welchen die Pressung berechnet werden soll. Wird hierfür die Bezeichnung w beibehalten, so erhält man

$$2k\log.\frac{P}{p} = U^2\Big(\frac{P'^2 W'^2}{p^2 w^2} - \frac{P'^2 W'^2}{P^2 W^2}\Big). \quad . \quad . \quad (25)$$

Für den Zwischenraum zwischen GH und CD gilt die Glei-

Digitized by Google

chung (24), wenn man die Integrale von der Fläche AB bis zum Querschnitte $\alpha\beta$ nimmt, für welchen man den Druck berechnen will. Dieses giebt

$$2k\log.\frac{P}{p}=U^2\left[\frac{2\beta\lambda\psi}{w}\cdot\frac{P'^2W'^2}{(B'^2-P''^2)w^2}\log.\frac{B'^2}{B'^2-(B'^2-P''^2)\frac{x}{\lambda}}\right.$$
$$\left.+\frac{P'^2W'^2}{p^2w^2}-\frac{P'^2W'^2}{P^2W^2}+\left(\frac{P'W'}{B.nw}-\frac{P'W'}{B'w}\right)^2\right]\ .\ .\ (26)$$

Die Gleichung (25) giebt den Druck im Querschnitte ef, wenn man statt der dort angenommenen Fläche $=$ w die hierin vorhandene $=$ nw setzt, wonach man mit Rücksicht darauf, daſs daselbst der Druck durch B bezeichnet ist, erhält

$$2k\log.\frac{P}{B}=U^2\left(\frac{P'^2W'^2}{B^2n^2w^2}-\frac{P'^2W'^2}{P^2W^2}\right)\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ (27)$$

Ebenso erhält man aus der Gleichung (26), wenn man darin $x=0$ setzt, für den Druck B′ im Querschnitte GH, und wenn $x=\lambda$ gesetzt wird, für den Druck $=$ P″ im Querschnitte IK die beiden neuen Gleichungen:

$$2k\log.\frac{P}{B'}=U^2\left[\frac{P'^2W'^2}{B'^2w^2}-\frac{P'^2W'^2}{P^2W^2}+\left(\frac{P'W'}{B.nw}-\frac{P'W'}{B'w}\right)^2\right].\ (28)$$

$$2k\log.\frac{P}{P''}=U^2\left[\frac{2\beta\lambda\psi}{w}\cdot\frac{P'^2W'^2}{(B'^2-P''^2)w^2}\log.\frac{B'}{P''}\right.$$
$$\left.+\frac{P'^2W'^2}{P''^2w^2}-\frac{P'^2W'^2}{P^2W^2}+\left(\frac{P'W'}{B.nw}-\frac{P'W'}{B'w}\right)^2\right].\ .\ (29)$$

Aus diesen Gleichungen (24), (27), (28) und (29) können die vier unbekannten Gröſsen U, B, B′ und P″ gefunden werden. Sie lassen sich etwas abkürzen, wenn man dasjenige Glied, welches W^2 im Nenner hat, wegläſst, weil in der praktischen Anwendung die Fläche w sehr klein gegen W zu seyn pflegt. Ebenso ist in der Regel der innere Druck P verhältniſsmäſsig nur um eine Kleinigkeit gröſser, als der äuſsere P′, und wenn man demnach $P=P'(1+e)$, $B=P'(1+b)$, $B'=P'(1+b')$ und $P''=P'(1+e')$ setzt, so werden die Gleichungen (27), (28), (29) und (24) in folgende verwandelt:

$$2k(e-b)=\frac{U^2W'^2}{w^2}\cdot\frac{1-2b}{n^2};$$

$$2k(e-b')=\frac{U^2W'^2}{w^2}\left[1-2b'+\left(\frac{1}{n}-1\right)^2\right.$$
$$\left.-2\left(\frac{1}{n}-1\right)\left(\frac{b}{n}-b'\right)\right];$$

$$2k(e - e') = \frac{U^2 W'^2}{w^2}\Big[1 - 2e' + \left(\frac{1}{n} - 1\right)^2 - 2\left(\frac{t}{n} - 1\right)\left(\frac{b}{n} - b'\right) + \frac{2\beta\lambda\psi}{w}\Big];$$

$$2ke = \frac{U^2 W'^2}{w^2}\Big[\frac{w^2}{W'^2} + \left(\frac{1}{n} - 1\right)^2 - 2\left(\frac{1}{n} - 1\right)\left(\frac{b}{n} - b'\right) + \frac{2\beta\lambda\psi}{w}\Big];$$

aus denen sich dann folgende ableiten laſsen:

$$e - b = \frac{e}{\left[\frac{2\beta\lambda\psi}{w} + \frac{w^2}{W'^2} + \left(\frac{1}{n} - 1\right)^2\right] n^2} \quad . \; . \quad (30)$$

$$e - b' = e\,\frac{1 + \left(\frac{1}{n} - 1\right)^2}{\frac{2\beta\lambda\psi}{w} + \frac{w^2}{W'^2} + \left(\frac{1}{n} - 1\right)^2} \quad . \; . \; . \; . \quad (31)$$

$$e - e' = e'\,\frac{\frac{2\beta\lambda\psi}{w} + 1 + \left(\frac{1}{n} - 1\right)^2}{\frac{w^2}{W'^2} - 1} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (32)$$

$$U = \frac{w}{W'}\sqrt{\frac{2ke}{\frac{2\beta\lambda\psi}{w} + \frac{w^2}{W'^2} + \left(\frac{1}{n} - 1\right)^2}} \quad . \; . \; . \; . \quad (33)$$

Durch diese Gleichungen läſst sich die Geschwindigkeit des Ausströmens und die Stärke des Druckes in den verschiedenen Theilen der Röhre berechnen.

19) Auch über das Ausströmen der Luft aus längeren Röhren hat G. G. Schmidt[1] eine Reihe von Versuchen angestellt, die sehr schätzbar sind und allerdings hier erwähnt zu werden verdienen, obgleich der bescheidene Physiker die ganze Arbeit nicht als ein vollendetes Ganzes betrachtet wissen will, was jedoch nur in der verhältniſsmäſsigen Kleinheit der gebrauchten Apparate und nicht in der Mangelhaftigkeit des Experimentirens gegründet ist. Es wurde hierzu der mehrerwähnte Cylinderap- Fig. parat benutzt, indem die Ausfluſsöffnung desselben eine Verlän- 73. gerung durch eine anfangs mehrere Fuſs lange, allmälig aber stets mehr verkürzte Glasröhre erhielt. Bei der Berechnung der

1 G. LXVI. 63 ff.

hiermit gefundenen Ausfluſsmengen nahm Schmidt an, daſs zu dem Widerstande, welchen die Luft beim Ausströmen durch eine kurze Ausfluſsröhre erleidet, noch ein neuer durch die Adhäsion in der langen hinzukomme, welche beide vereint durch die Division der theoretisch berechneten Ausfluſsmenge in die durch den Versuch gefundene zum Vorschein kommen muſsten. Durch eine oberflächliche Vergleichung der hierbei erhaltenen Quotienten und durch die Betrachtung, daſs der Widerstand in der langen Röhre eine Function der Strömungsgeschwindigkeit seyn und also mit der zunehmenden Länge gleichmäſsig abnehmen müsse, entstand die Vermuthung, daſs die Verminderungen den Logarithmen der Längen proportional seyn möchten, und dieses führte zu folgender Gleichung:

$$r = \alpha \sqrt{\left(\frac{m}{d}\right)} . \log . \frac{l}{b},$$

worin r die Verminderung des bereits für kurze Ausströmungsröhren gefundenen Coefficienten, α einen aus den Versuchen erhaltenen beständigen Coefficienten, m den für eine kurze Röhre von der Länge b bereits gefundenen Widerstandscoefficienten, d den Durchmesser der Röhren in Linien und l ihre Länge in Zollen bezeichnen. Heiſst dann ferner m′ die Summe beider Widerstandscoefficienten, so ist

$$m' = m - \alpha \sqrt{\left(\frac{m}{d}\right)} \log . \frac{l}{b} .$$

Der Werth von α wurde bei der Berechnung der einzelnen Versuchsreihen dadurch erhalten, daſs der erste und letzte Versuch die beiden Bestimmungen von m und m′ gaben, wodurch also

$$\alpha = \frac{m - m'}{\sqrt{\left(\frac{m}{d}\right)} . \log . \frac{l}{b}}$$

seine Bestimmung erhielt. Folgende Tabelle gewährt eine Uebersicht der auf diese Weise erhaltenen Gröſsen.

Versuchsreihe.	d in Lin.	l in Zollen.	m [1]	α	m' nach Vers.	m' nach Rechn.
1	0,75	37	0,56	0,2522	0,2183	0,2183
—	—	28	—	—	0,2386	0,2446
—	—	19	—	—	0,2757	0,2813
—	—	10	—	—	0,3620	0,3421
—	—	1	—	—	0,5600	0,5600
2	0,64	21	0,6065	0,2863	0,2380	0,2380
—	—	17	—	—	0,2680	0,2636
—	—	13	—	—	0,3082	0,2945
—	—	9	—	—	0,3632	0,3405
—	—	5	—	—	0,4321	0,4117
—	—	1	—	—	0,6065	0,6065
3	0,452	9,6	0,5823	0,2641	0,2210	0,2210
—	—	6,6	—	—	0,2782	0,2700
—	—	3,6	—	—	0,3438	0,3488
—	—	0,6	—	—	0,5823	0,5823
4	0,21	9,6	0,6041	0,2141	0,1670	0,1670
—	—	6,6	—	—	0,1976	0,2262
—	—	3,6	—	—	0,3090	0,3216
—	—	0,6	—	—	0,6041	0,6041

Im Allgemeinen wurden diese Versuche mit sehr engen Röhren angestellt, und aus dieser Ursache ist wahrscheinlich der Werth von m überall noch kleiner, als er oben §. 15 im Mittel festgeſetzt ist[2]. Hiernach muſste denn auch α kleiner ausfallen, und namentlich in Vers. 4., wobei die Weite des Rohres vorzüglich klein war. Wenn man diesen ausschlieſst, so giebt das arithmetische Mittel aus den übrigen $\alpha = 0{,}2675$ und durch Einführung dieses Werthes in die Formel erhält man

$$m' = m - 0{,}2675 \sqrt{\left(\frac{m}{d}\right)} \log. \frac{1}{b}.$$

1 In der Beschreibung der Versuche ist der Werth von m nicht ausdrücklich bezeichnet, liegt aber unverkennbar in der gebrauchten Formel ausgedrückt, und ich setze ihn also wegen der vorausgehenden Untersuchungen über die Bestimmungen desselben mit her. Weil nämlich das Ausfluſsrohr stets mehr verkürzt wurde, so gab der letzte Versuch, wenn die Länge desselben nicht mehr als 1 Zoll betrug, den Werth von *m* unmittelbar durch die Division der theoretischen Ausfluſsmenge in die durch Erfahrung gefundene.

2 Nach Schmidt beträgt für kurze cylindrische Röhren der Werth von m nur 0,64, hier ist derselbe noch geringer; allein die Röhrchen waren überhaupt zu enge, und von 1 Zoll oder zuletzt nur 0,6 Zoll Länge verhältniſsmäſsig gegen den Durchmesser zu lang.

Digitized by Google

Schmidt nimmt ferner an, daſs man b allgemein = 1 Zoll setzen könne, welches jedoch nur dann Anwendung leidet, wenn d nicht gröſser als etwa 1 Lin. ist, und sich daher für die Praxis nicht eignet. Dann wäre aber noch einfacher

$$m' = m - 0{,}2675 \sqrt{\left(\frac{m}{d}\right)} \log. l.$$

Man könnte auch diese Formel noch dadurch abändern, daſs man m allgemein = 0,64 setzte, allein sie zeigt sich im Ganzen als unzulässig, weil m′ für groſse Werthe von l = 0 und sogar negativ wird.

20) Um die so eben mitgetheilten Sätze und selbst die in der Formel enthaltenen Zahlen bei stärkerem Drucke zu prüfen, stellte G. G. Schmidt noch einige Versuche mit einem *Newman'schen Gasgebläse* an. Hierbei konnte die Stärke des Druckes nicht vermittelst des Manometers gemessen werden, sondern lieſs sich nur aus dem Rauminhalte des Gefäſses und der Pumpe und der Anzahl der Kolbenstöſse berechnen, was allerdings keine groſse Genauigkeit geben kann; indeſs zeigten die Resultate eine hinlängliche Uebereinstimmung mit der Theorie und bewiesen dadurch die Geschicklichkeit und Sorgfalt beim Experimentiren, wobei jedoch rücksichtlich einer allgemeinen Anwendbarkeit nicht zu übersehn ist, daſs auch diese Versuche mit ähnlichen Röhren, als die eben erwähnten, angestellt wurden. Zur Berechnung diente die oben §. 6 mitgetheilte Bernoulli'sche Formel zur Auffindung der Zeit des Ausströmens, welche nach den von Schmidt gewählten Bezeichnungen die Zeit

$$t = \frac{K}{2e^2}\sqrt{\frac{d}{gb}}.\ \log.\ \text{nat.} \left[\frac{\frac{1}{2}p + n + \sqrt{(n+p)\,n}}{p}\right]$$

giebt, wenn K den Inhalt des Gefäſses, $\frac{1}{p}$ den Inhalt der Condensationspumpe, e^2 den Flächeninhalt eines Querschnittes des Ausströmungsröhrchens, n die Zahl der Kolbenstöſse, d und b die Dichtigkeit und Elasticität der äuſseren Luft ausdrückt, wonach also, wenn diese Dichtigkeit als Einheit angenommen wird, die der eingeschlossenen Luft nach n Kolbenstöſsen $= 1 + \frac{n}{p}$ wird und $\frac{n}{p}$ diejenige Gröſse bezeichnet, welche man sonst vermittelst des Manometers miſst. Endlich muſs die Ausströmung so lange dauern, bis die eingeschlossene Luft keinen Ue-

berſchuſs der Spannkraft mehr hat, was an sich schon schwer zu beobachten ist und noch schwieriger wird, wenn man berücksichtigt, daſs das eingeschlossene Gas durch die Ausdehnung eine Abnahme seiner Temperatur erleidet, welcher Umstand diese Methode des Experimentirens für absolut genaue Resultate ungenügend macht. Auf die Vermehrung der Wärme durch die Compression wurde allerdings Rücksicht genommen, indem erst einige Zeit verstrich, ehe die Ausströmung begann, jedoch finde ich auch den Einfluſs nicht erwähnt, welchen die durch den gröſsern Druck bewirkte Erweiterung des aus elastischen Wandungen bestehenden Gefäſses äuſsern muſste, vorausgesetzt, daſs auſserdem alle Theile gehörig schlossen und alle sonstige, die Genauigkeit beschränkende, Bedingungen vermieden wurden. Im Ganzen läſst sich diese Methode nicht empfehlen, gab aber durch die Geschicklichkeit des geübten Physikers mindestens genäherte Werthe. Die sämmtlichen angestellten 10 Versuche zeigten unter sich eine sehr genaue Uebereinstimmung, drei derselben wurden nach der Formel berechnet, um den Widerstandscoefficienten aufzufinden. Bei den beiden ersten war der Barometerstand = 27 Z. 8,7 Lin., die Temperatur = 22° R., bei den letzten = 27 Z. 9 Lin. und 24° R. Bei dem ersten war die Zahl der Kolbenstöſse, also n = 15, die beobachtete Zeit des Ausströmens = 29,5 Sec., die berechnete = 11,89 Sec., mithin $m' = \frac{11,89}{29,5} = 0,40$. Beim zweiten Versuche war die Zahl der Kolbenstöſse = 30, die beobachtete Zeit = 36 Sec., die berechnete = 13,16 Sec., mithin $m' = \frac{13,16}{36} = 0,366$. Beim dritten war die Zahl der Kolbenstöſse = 36, die beobachtete Zeit = 39,5 Sec., die berechnete = 16,66 Sec. und also $m' = \frac{16,66}{39,5} = 0,42$, also im Mittel = 0,39534.

Um die im vorigen §. aufgestellte Formel auf diese Versuche anzuwenden, betrachtete Schmidt das kupferne Ausströmungsröhrchen als eine lange Röhre von 4,2 Z. Länge (die normale Länge als 1 Z. = b angenommen) und 0,5 Lin. Durchmesser, wonach also

$$m' = 0,64 - 0,2675 \sqrt{\frac{0,64}{0,5}} \cdot \log. 4,2$$

seyn muſste. Dieses giebt m′ = 0,4174, von dem gefundenen mittleren Werthe nicht bedeutend abweichend.

20) Mit den bisherigen Untersuchungen im genauesten Zusammenhange steht die Frage, inwiefern die aufgestellten Gesetze durch die eigenthümliche Beschaffenheit der Gasarten modificirt werden, deren Beantwortung jedoch keinen bedeutenden Schwierigkeiten unterliegt. Insofern nämlich die chemischen Eigenschaften derselben auf ihr mechanisches Verhalten beim Ausströmen nicht füglich einen Einfluſs haben können, folgt aus theoretischen Gründen[1], die auch in den mitgetheilten Formeln sehr deutlich ausgedrückt sind, *daſs die Geschwindigkeiten ihrer Strömungen im umgekehrten Verhältnisse der Quadratwurzeln ihrer Dichtigkeiten stehn.*

Um diesen Satz durch directe Erfahrungen zu prüfen, stellte G. G. Schmidt drei Versuche mit seinem oben beschriebenen Cylinderapparate an, unter denen zwei auf eine sehr directe Weise zur Entscheidung dieser Frage dienen können. Er lieſs nämlich unter ganz gleichen Bedingungen eine gleich lange Zeit hindurch zuerst atmosphärische Luft und dann Wasserstoffgas, dessen spec. Gewicht = 0,2594 gegen atmosphärische Luft nach directer Messung betrug, ausströmen. Die Menge der erstern betrug während 60 Secunden 204,1 Kub. Z., des letztern in gleicher Zeit 400,35 Kub. Z. Indem hierbei alle übrigen Bedingungen gleich waren, so müssen diese Mengen sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln der Dichtigkeiten verhalten, und wirklich ist $\sqrt{0,2594} : \sqrt{1} = 204,1 : 400,7$ bis auf eine verschwindende Gröſse genau. Auf gleiche Weise wurde ein Versuch mit kohlensaurem Gase angestellt, dessen spec. Gewicht jedoch nicht unmittelbar bestimmt war. Die in gleichen Zeiten ausströmenden Gasmengen verhielten sich wie 47 zu 40, und wenn man daher das specifische Gewicht der Kohlensäure = 1,5 annimmt, so ist $\sqrt{1,5} : \sqrt{1} = 47 : 38,4$ so genau, wie man von einem Versuche dieser Art erwarten kann. Hiernach ist also der Satz als begründet anzusehn, *daſs die Mengen der ausströmenden Gase insgesammt den nämlichen Gesetzen unterworfen sind und sich unter übrigens ganz gleichen Bedingungen umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus ihren Dichtigkeiten verhalten.*

---

1 S. oben B. §. 3.

Digitized by Google

21) Eine Reihe von Versuchen, welche Faraday[1] für den genannten Zweck angestellt hat, kann zwar wegen des hohen Ansehens dieses Gelehrten auf einen genügenden Grad von Genauigkeit gerechte Ansprüche machen, allein da es uns an anderweitigen hinlänglich entscheidenden und ganz vorzüglichen nicht fehlt, so scheint es mir hinreichend zu seyn, sie hier ohne nähere Berechnung nur im Allgemeinen mit der Bemerkung mitzutheilen, daſs sie gleichfalls das aufgestellte Gesetz zu beweisen dienen. Aus einem gleich groſsen Gefäſse, worin die verschiedenen Gasarten nach einander bis zum vierfachen atmosphärischen Drucke comprimirt waren, strömten diese durch das nämliche Haarröhrchen so lange aus, bis der Druck auf 1,25 des atmosphärischen herabgegangen war, und dabei wurde die Zeit vermittelst einer Secundenuhr gemessen. Letztere betrug für

Kohlensaures Gas . .	156,5	Secunden.
Oelerzeugendes Gas .	135,5	—
Kohlenoxydgas . . .	133,0	—
Atmosphärische Luft	128,0	—
Steinkohlengas . . .	100,0	—
Wasserstoffgas . . .	57,0	—

Faraday folgerte aus diesen Versuchen und aus dem ungleichen Widerstande, welchen die Flügel eines kleinen Rädchens in verschiedenen Gasarten erleiden, daſs die relativen Beweglichkeiten derselben sich umgekehrt wie die specifischen Gewichte verhalten, jedoch soll dieses wegfallen und sogar zum Entgegengesetzten übergehn, wenn der Druck sehr geringe ist. Nach einigen spätern Erfahrungen schloſs derselbe[2], daſs das spec. Gewicht der Gase auf ihr Ausströmen durch Haarröhrchen gar keinen Einfluſs habe, wie er aus dem Verhalten von kohlensaurem und ölerzeugendem Gas gefunden zu haben glaubte. Inzwischen bemerkt auch Girard, daſs die zur Berechnung erforderlichen Bestimmungen keineswegs vollständig genug angegeben sind, um die Resultate mit gehöriger Sicherheit auf eine Theorie zurückzubringen, und ich überhebe mich daher einer weiteren Prüfung derselben.

22) Von gröſster Wichtigkeit sind diejenigen Versuche,

---

1 Journ. of Science and the Arts. T. III. p. 354. daraus in Ann. Ch. Ph. V. 298 und Schweigg. Journ. T. XXIV. p. 91.

2 Ann. Chim. Phys. X. 388.

Digitized by Google

welche ganz eigentlich im groſsen Maſsstabe durch Girard und Cagniard de Latour mit Benutzung des Gasbeleuchtungsapparates am Hospital St. Louis angestellt wurden, um die Gesetze des Strömens sowohl von atmosphärischer Luft als auch von Steinkohlengas aus Oeffnungen und durch bedeutend lange Röhren zu erforschen[1]. Die hierzu bestimmte Gasart befand sich in einem Gasometer von bekanntem horizontalen Querschnitte, und ihre Spannung in demselben wurde durch ein Wassermanometer auf dem Deckel des herabdrückenden Behälters gemessen, welcher durch Gegengewichte so balancirt war, daſs die messende Wassersäule unverändert die Höhe von 0,03383 Meter beibehielt. Das Gas strömte aus dem Behälter durch eine Röhre von 3 Z. oder 81 Millim. Durchmesser, welche 70 Centim. unter dem Boden um das Hauptgebäude in einer Länge von 623 Metern herumlief und in ungleichen Entfernungen vom Gasometer geöffnet werden konnte, um das Gas ausströmen zu lassen, während das Sinken des Behälters zur Bestimmung der ausgeflossenen Menge an einer Scale gemessen wurde. Nach Beendigung dieser Reihe von Versuchen ward das Gasometer mit atmosphärischer Luft angefüllt und die Menge derselben, welche unter ganz gleichen Bedingungen bei zunehmender Länge der Röhre in einer Minute ausströmte, gemessen. Letztere war kleiner, als beim Steinkohlengas; inzwischen werde ich die sämmtlichen Verhältnisse der aufgefundenen Gröſsen später etwas genauer untersuchen.

Zur Vertheilung des Gases dienten Röhren aus alten zusammengeschraubten Flintenläufen, deren Durchmesser überall 7 Linien oder 0,01579 Meter betrug. Das zum Durchströmen bestimmte Gas befand sich in einem kleinern Gasometer, dessen runder Behälter nur 0,34 Meter Halbmesser hatte. Dieser wurde mit atmosphärischer Luft gefüllt, und indem auch bei ihm der bleibende Ueberschuſs des innern Druckes über den atmosphärischen nach der Angabe des Wassermanometers 0,03383 Meter betrug, so ergab sich aus dem Sinken desselben die bei ungleichen Längen der Ausfluſsröhren stattfindende Menge der in einer Minute ausgeflossenen atmosphärischen Luft in 6 Versuchen, deren jeder drei- bis viermal wiederholt war. Auf gleiche Weise wurden demnächst 5 Versuche mit Steinkohlengas angestellt,

1 Mémoires de l'Academie Roy. des Sc. de l'Institut de France. T. V. p. 383 oder Abth. II. p. 1 ff. Vergl. Ann. Ch. Ph. T. XVI.

um auch für dieses die nämlichen Bestimmungen zu erhalten. Zur Vergleichung und weitern Prüfung der angegebenen Resultate wurde in den Deckel des Gasbehälters, welcher aus 2 Millim. dickem Kupferblech bestand, ein rundes Loch gebohrt, dessen Durchmesser genau dem der Flintenläufe gleich war und also 7 Lin. oder 0,01579 Met. betrug, dann wurde der Behälter zuerst mit atmosphärischer Luft und nachher mit Steinkohlengas gefüllt, und wenn nach begonnener Ausströmung das Sinken desselben gleichmäſsig fortdauerte, was nach sehr kurzer Zeit eintrat, so ward die Menge der in einer Minute unter dem constanten Ueberschusse des Druckes von 0,03383 Meter des Wasserbarometers ausflieſsenden Gasart gemessen.

Da die sämmtlichen durch diese Versuche gefundenen Gröſsen in einer demnächst mitzutheilenden tabellarischen Uebersicht enthalten sind, so übergehe ich es, sie hier einzeln anzugeben, und füge nur diejenigen Folgerungen kurz hinzu, welche Girard aus ihnen entlehnt. Die verminderte Ausfluſsmenge bei der Verlängerung der Ausfluſsröhren betrachtet er als eine Folge der Adhäsion an den innern Wandungen oder einer Reibung an denselben oder auch beider zusammengenommen, und weil dieses Hinderniſs sich der ganzen Masse mittheilt, so muſs eine Adhäsion zwischen den concentrischen Lagen der Flüssigkeiten statt finden, indem dieselben durch die äuſsern in ihrer Bewegung gehindert, durch die innern aber darin befördert werden. Die bewegenden Kräfte und die Hindernisse der Bewegung kommen sehr bald mit einander ins Gleichgewicht, so daſs die Strömungsgeschwindigkeit eine gleichbleibende wird. Um nicht für die Mittheilung der durch Girard angewandten Berechnungsart dieser Versuche die durch ihn gewählten Bezeichnungen umändern oder erklären zu müssen, beschränke ich mich auf die ganz gleichartige von Navier, und bemerke daher bloſs, daſs Ersterer noch folgende drei Gesetze aufstellt:

1) Steinkohlengas und atmosphärische Luft bewegen sich unter gleichem Drucke nach den nämlichen Gesetzen und erleiden einen gleichen Widerstand, ungeachtet ihrer verschiedenen Dichtigkeiten.

2) Der Widerstand, welcher bei beiden ihrer Bewegung entgegensteht, verhält sich genau wie das Quadrat ihrer mittlern Geschwindigkeit.

3) Die Ausfluſsmengen beider Gase aus Röhren von hin-

länglicher Weite ſtehn allezeit im geraden Verhältniſse der Druckhöhen des Manometers am Gasometer und im umgekehrten quadratischen der Röhrenlängen, worin die Strömung statt findet.

23) Navier[1] meint, daſs die so eben mitgetheilten Versuche nach der oben §. 18. gefundenen Formel (33) berechnet werden und dann dazu dienen können, den dort unbestimmt gelassenen Coefficienten β aufzufinden. Dabei ist zu berücksichtigen, daſs für so lange Röhren, deren Durchmesser gegen die Länge unbedeutend ist, die Querschnitte w und W' einander gleich zu setzen sind und auch n bei der langsamen Strömung in der sehr langen Röhrenleitung sich nicht merklich von 1 entfernt, wonach also die Geschwindigkeit

$$U = \sqrt{\frac{keD}{4\beta\lambda}}$$

ist, wenn auch ψ als zu W gehörig (§. 17) wegfällt und D den Durchmesser der Röhre bezeichnet. Setzt man in diese Formel die Weite der Röhre, desgleichen das Verhältniſs des äuſsern Druckes zum innern $= \frac{P'}{P}$ und für e seinen Werth, nämlich $\frac{P-P'}{P'}$, so erhält man die Menge des in der Zeiteinheit ausströmenden Gases

$$M = \frac{\pi D^2}{4} \frac{P'}{P} \sqrt{\left(\frac{kD}{4\beta\lambda} \cdot \frac{P-P'}{P'}\right)}.$$

Diese Formel weicht von der durch Girard angewandten nur darin ab, daſs er das Verhältniſs $\frac{P'}{P}$ vernachläſsigt oder $= 1$ genommen hat, die von ihm für β gefundenen Werthe müſsten also noch mit $\frac{P'^2}{P^2}$ multiplicirt werden, welches aber weniger als 0,007 beträgt. Indem dann der Werth von M aus den Dimensionen des Gasometers bekannt ist, so erhält man die durch Girard gefundenen Werthe von β in folgender Tabelle zusammengestellt.

---

1 A. a. O. p. 368.

Vers.	Gasart.	Durchm. Met.	Länge. Met.	Werth von β.	Mittlerer.
1	Luft	0,08121	128,8	0,005579	
2	—	—	375,8	0,005309	0,005621
3	—	—	622,8	0,005975	
4	Steinkohlengas	—	128,8	0,005516	
5	—	—	375,8	0,005539	0,005636
6	—	—	622,8	0,005854	
7	Luft	0,01579	36,91	0,003307	
8	—	—	55,91	0,002804	
9	—	—	88,06	0,002977	0,003126
10	—	—	111,24	0,003317	
11	—	—	37,53	0,003279	
12	—	—	56,84	0,002992	
13	—	—	85,06	0,002879	
14	—	—	109,04	0,003430	0,003246
15	—	—	126,58	0,003362	
16	Steinkohlengas	—	6,58	0,003486	
17	—	—	37,53	0,003182	
18	—	—	56,84	0,003032	
19	—	—	85,06	0,003067	0,003219
20	—	—	109,04	0,003503	
21	—	—	126,58	0,003314	

Hieraus ergiebt sich, daſs die verschiedenen Gasarten gleichen Strömungsgesetzen folgen, und daſs für verschieden lange Röhren die Ausfluſsmengen den Quadratwurzeln aus den Längen umgekehrt proportional sind; die Verschiedenheit des Werthes von β für ungleiche Durchmesser ist aber zu groſs und zu bleibend, als daſs sie durch Beobachtungsfehler erzeugt seyn könnte. Navier leitet sie daher von einem Hindernisse der Strömung in den ersten Versuchsreihen ab.

24) Eine Reihe von Versuchen, welche d'Aubuisson[1] bei den Hüttenwerken zu Rancié angestellt hat, ist um so schätzbarer, weil sie nicht bloſs in einem groſsen Maſsstabe gemacht, sondern auch ganz verschiedene Gröſsen bei der Berechnung zum Grunde gelegt wurden und also die Vergleichung der erhaltenen Resultate mit den durch Girard gefundenen[2] zu einer Prüfung

1 Annales des Mines 2me Serie 2me Livr. T. XIII. Auch Ann. Ch. Ph. XXXIV. 380.

2 Bei Girard's Versuchen war der Druck nicht so stark, als für Gebläse erforderlich ist, und auſserdem experimentirte er bloſs mit Röhren, welche an den Enden ganz offen, also weder mit Oeffnungen in dünnen Blechen, noch auch mit Düsen versehn waren. D'Aubuis-

Digitized by Google

der Theorie und der Genauigkeit beim Experimentiren dienen kann. Bei den Versuchen von d'Aubuisson bestand das Gebläse in einer Wassertrommel, das Leitungsrohr aus Weiſsblech, welches überall genau luftdicht gelöthet war. Bei seinem Anfange hatte es zwei wohl abgerundete Kniee von 90 Graden, lief aber nach 80 Meter Länge in gerader Linie bis 387 Meter fort. Auf die weitern Leitungsröhren wurden Düsen gesteckt, die bei einer Länge von 0,5 Meter am Anfange 0,1 und am Ende 0,05 Meter Durchmesser hatten. An den Enden waren sie mit Ansätzen versehn, bei denen der Durchmesser der Oeffnung 0,04, 0,03, 0,02 Meter bei einer Länge von 0,065, 0,1, 0,125 Meter betrug. Die Leitungsröhre von 0,05 Meter hatte eine Düse von 0,03 Meter Durchmesser und Ansätze mit Oeffnungen von 0,02 und 0,01 Meter Durchmesser, die 0,0235 weite Leitungsröhre hatte eine Düse von 0,02 Meter Durchmesser, deren Oeffnung 0,01 Meter im Durchmesser hielt. Unmittelbar vor dem Anfange der Düse waren in die Leitungsröhren Löcher gebohrt und mit einer Mutterschraube versehn, um in diesen die Manometer anzubringen, worin meistens Quecksilber enthalten war, ausgenommen wenn dessen Höhe unter 0,01 Meter herabsank, in welchem Falle die weit empfindlichern Wassermanometer gebraucht wurden. Am wesentlichsten bei den Versuchen war die genaue Beobachtung der beiden Manometer, des einen an der Wassertrommel, des andern am Anfange der Düse, welche jedoch nicht unbedeutenden Schwierigkeiten unterlag und daher keine kleinere Fehlergrenze als von einem halben Millimeter bei jedem zulieſs, welches für den Unterschied beider ein ganzes Millimeter beträgt, jedoch macht die bis zu 1000 steigende Menge von Versuchen diese Ungewiſsheit wohl verschwinden.

Bei den theoretischen Untersuchungen geht d'Aubuisson von dem Grundsatze aus, daſs durch den ungleichen Stand der beiden Manometer die Hindernisse der Bewegung angezeigt werden, welche der Strömung der Gase in den Röhrenleitungen entgegenstehn, indem beide gleich hoch stehn müſsten, wenn solche nicht vorhanden wären. Heiſst daher der erstere H, der andere h,

son's Versuche können also auſser ihrem absoluten Werthe noch als eine treffliche Ergänzung von diesen dienen. Aus der sehr ausführlichen, viele schätzbare Untersuchungen enthaltenden Abhandlung theile ich bloſs den wesentlichen Inhalt kurz mit.

Digitized by Google

so drückt H — h diesen Widerstand aus. Um den Einfluſs der Länge auf die Erzeugung dieses Widerstandes zu prüfen, wurden in Abständen von 40 zu 40 Metern Löcher in die Leitung gebohrt, und das zweite Manometer aufgeschraubt, während das erste stets dicht bei der Wassertrommel blieb. Die Beobachtung ergab folgende einander zugehörige Werthe:

Längen 1,00, 1,33, 1,67, 2,00, 2,33, 2,70, 3,05, 3,22.
Widerst. 1,00, 1,29, 1,57, 1,82, 2,16, 2,40, 2,84, 3,09.

Werden diese Gröſsen, die ersteren als Abscissen, die letzteren als Ordinaten aufgetragen, so erhält die durch die Endpunkte gezogene Curve eine Einbeugung in der Mitte, die sich in allen Versuchen zeigte und daher in irgend einer Ursache gegründet seyn muſste, jedoch konnte diese nicht aufgefunden werden, und da die Einbeugung so gering ist, so kann man immerhin die Linie des Widerstandes als eine gerade betrachten und also diesen Widerstand den Abscissen, d. h. den Längen, direct proportional setzen.

Für die Berechnung bedient sich d'Aubuisson der einfachen, oben §. 7 unter (4) mitgetheilten bequemen Formel, die er jedoch auf metrisches Maſs und den Stand der Manometer reducirt. Bezeichnet demnach

H den Stand des Manometers am Anfange der Leitung,
h den Stand desselben am Ende derselben,
b den Barometerstand,
t die Thermometergrade nach Cels., und wird
$T = 1 + 0{,}004\,t$; bezeichnet
D den Durchmesser der Röhrenleitung,
d den Durchmesser der Düsenöffnung und
U die Geschwindigkeit des Ausströmens in einer Secunde;

wird ferner das specifische Gewicht der Luft gegen Quecksilber $= 10467 \times 0{,}76 \cdot \frac{T}{b+h}$ und der Coefficient der Zusammenziehung des ausströmenden Gases nach d'Aubuisson's Versuchen $= 0{,}93$ angenommen[1], so ist in Metern

$$U = 0{,}93 \sqrt{\left(2gh \cdot 10467 \cdot 0{,}76\,\frac{T}{b+h}\right)}$$

1 Die bei den Versuchen gebrauchten Düsen waren mäſsig konisch, die kleinere Oeffnung nach Auſsen, und hierfür hat d'Aubuisson den aufgenommenen Coefficienten gefunden.

Digitized by Google

und wenn für g der bekannte Werth 9,8088 Meter gesetzt wird:

$$U = 367,4 \sqrt{h \frac{T}{b+h}}.$$

Die Geschwindigkeit nimmt nahe bei der Mündung ab im Verhältnisse von d^2 zu D^2, da die Geschwindigkeiten im umgekehrten Verhältnisse der Querschnittsflächen der Röhren, also der Quadrate der Durchmesser stehn, und auſserdem wachsen die Geschwindigkeiten vom Anfange bis an das Ende im umgekehrten Verhältnisse der Dichtigkeiten, welche durch $b+h$ und $b+H$ ausgedrückt werden können, so daſs also der Ausdruck für die Geschwindigkeit, um die mittlere zu erhalten, noch mit dem Verhältnisse

$$b+h \text{ zu } b+\frac{H+h}{2}$$

multiplicirt werden muſs. Hiernach wurden die Geschwindigkeiten berechnet, und es ergab sich im Ganzen, daſs die Widerstände den Quadraten der Geschwindigkeiten proportional sind, was auch aus anderweitigen Erfahrungen folgt. Schwerer war es, das Verhältniſs der Durchmesser zum Widerstande aufzufinden, weil zu wenige Beobachtungen von gleichen Längen und Widerständen vorhanden waren, um die letzteren nebst den Durchmessern als einzige veränderliche Gröſsen in den Gleichungen zu haben. Inzwischen ergaben sich doch folgende 10 Bestimmungen für den Coefficienten der Durchmesser: 0,91, 1,13, 0,77, 1,15, 1,09, 0,87, 1,02, 1,12, 1,33, 1,08, 0,84, 1,00, welche zwar sehr von einander abweichen, dennoch aber im Mittel 1,03 geben, und da dieser Werth von 1 nur unmerklich verschieden ist, so kann man bei ohnehin vorwaltender Wahrscheinlichkeit annehmen, *daſs der Widerstand im umgekehrten einfachen Verhältnisse der Durchmesser stehe.*

Bezeichnet also λ die Länge der Röhrenleitung und setzt man ohne merkliche Abweichung $b+h$ statt $b+\frac{H+h}{2}$, so hat man hiernach

$$H-h = N\frac{\lambda d^4 h T}{D^5 (b+h)},$$

worin der Coefficient N aus den Versuchen bestimmt werden muſs. Das Mittel aus 400 Versuchen gab den Werth desselben $N = 0,01606$ zwar mit bedeutenden Verschiedenheiten, aber dennoch mit geringern, als durch die berühmtesten Hydrauliker für

Digitized by Google

Wasser gefunden worden sind. Auſserdem verdient noch bemerkt zu werden, *daſs die Strömungsgesetze für alle Arten von Röhren, aus welchen Substanzen dieselben auch verfertigt seyn mögen, ebenso wie bei tropfbaren Flüssigkeiten, die nämlichen sind.* Wird der gefundene Werth in die Formel eingeführt, so erhält man

$$H - h = 0{,}016\,\frac{\lambda d^4 h T}{D^5 (b + h)},$$

woraus dann

$$h = \frac{H}{0{,}016\,\frac{\lambda d^4 T}{D^5 (b + h)} + 1}$$

folgt. Es lieſse sich das h aus dem Nenner der Formel zwar wegschaffen, wodurch man eine quadratische Gleichung erhielte, allein man kann seinen Werth durch Näherung bestimmen, und auſserdem ist der Factor $\frac{T}{b + h}$ überall so wenig verschieden, daſs man ihn als beständig annehmen darf. Nennt man ihn n, so erhält man

$$0{,}016\, n\, \frac{\lambda d^4}{D^5} + 1$$

als den Coefficienten des Widerstandes. D'Aubuisson fand aus seinen Versuchen im Mittel $b = 0{,}6802$, $T = 1{,}045$ und $h = 0{,}0223$, setzte diese Werthe in die Gleichung für h, welche also

$$h = \frac{H}{0{,}0238\,\frac{\lambda d^4}{D^5} + 1}$$

gab, und berechnete hiernach die Werthe von h. Die hiernach erhaltenen Werthe, verglichen mit den durch die Versuche erhaltenen, gaben bei 16 am meisten abweichenden Fällen nur eine Differenz von $-4{,}2$, welches nur $\frac{1}{70}$stel des Ganzen ausmacht und also sehr für die Gültigkeit der angenommenen Gesetze zeugt.

Für die praktische Anwendung ist es wohl ohne Zweifel am wichtigsten, die Menge des ausströmenden Gases zu bestimmen. Inzwischen wird diese leicht gefunden, wenn man die oben bereits bestimmte Ausfluſsgeschwindigkeit mit dem Flächeninhalte der Düsenöffnung multiplicirt. Setzt man also mit Beibehaltung des metrischen Maſses diese Fläche $= \pi \frac{d^2}{4}$ und sub-

Digitized by Google

stituirt man den Werth von $\frac{\pi}{4}$ in die oben für U gefundene Formel, so erhält man die in Kubikmetern während einer Secunde ausströmende Gasmenge

$$M = 289\, d^2 \sqrt{h \cdot \frac{T}{b+h}}.$$

Für die Praxis ist es nach d'Aubuisson genügend, statt des veränderlichen Factors $\frac{T}{b+h}$ einen beständigen einzuführen, weil jener nur zwischen 1,28 und 1,40 variirt und seine Quadratwurzel also nur zwischen 1,13 und 1,18. Hiernach würde bloſs der Coefficient der Formel abgeändert, und man erhält

$$M = 334\, d^2 \sqrt{h}.$$

Dieser einfache Ausdruck genügt, sobald h bekannt ist, welches sowohl den Einfluſs der Längen, als auch den Durchmesser der Röhren schon einschlieſst; soll dagegen M auch für H und die eben bezeichneten Bedingungen gefunden werden, so ist mit Beibehaltung der in der letzten Formel angenommenen Gröſsen

$$M = 2279 \sqrt{\frac{H D^5}{\lambda + 47 \frac{D^5}{d^4}}}$$

in Kubikmetern, und wenn eine Röhrenleitung an ihrem Ende ganz offen, also d = D wäre, wobei dann der Widerstandscoefficient 0,93 gleichfalls wegfiele,

$$M = 2450 \sqrt{\frac{H D^5}{\lambda + 47 D}},$$

und bei Anwendung eines Wassermanometers

$$M = 664 \sqrt{\frac{H D^5}{\lambda + 47 D}}.$$

25) Um die oben mitgetheilten gehaltreichen Untersuchungen von Navier auch in Beziehung auf die letzteren Versuche zu vervollständigen, füge ich aus dessen Abhandlung noch Folgendes hinzu. Navier bezeichnet den aus dem Einflusse der Röhrenleitung entstehenden Widerstandscoefficienten durch β und hat die Gröſse desselben aus den Versuchen von Girard zu bestimmen gesucht. Um denselben auch aus den von d'Aubuisson angestellten aufzufinden, darf man nur zu der oben mitgetheilten Formel (32) zurückgehn. Es ist dann klar, daſs die durch die beiden Manometer bezeichneten Gröſsen H und h keine

andern ſind, als welche oben durch P und P″ ausgedrückt wurden, die den Ueberſchuſs des Druckes am Anfange und am Ende der Röhrenleitung über den atmoſphäriſchen = P′ meſſen. Es ſtehn demnach H und h in dem nämlichen Verhältniſſe, als e und e′ in den oben mitgetheilten Formeln, ſo daſs die mit (32) bezeichnete werden würde

$$H - h = h \frac{\frac{2\beta\lambda\psi}{w} + 1 + \left(\frac{1}{n} - 1\right)^2}{\frac{w^2}{W'^2} - 1},$$

wofür man in dem Falle, wenn λ, die Länge der Röhre, ſehr groſs iſt gegen den Durchmeſſer, auch ſetzen kann

$$H - h = h \frac{\frac{2\beta\lambda\psi}{w} \cdot \frac{W'^2}{w^2}}{1 - \frac{W'^2}{w^2}} \quad \ldots \ldots \ldots (34)$$

Heiſst dann D der Durchmeſſer der Röhre (der Querſchnittfläche w) und d der Durchmeſſer der Ausfluſsmündung (der Querſchnittfläche W′), ſo erhält man aus der vorſtehenden Gleichung

$$8\beta = \frac{H-h}{h} \frac{D^5}{\lambda d^4} \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right) \quad \ldots \ldots \ldots (35)$$

Beide Gleichungen ſind denen ähnlich, welche d'Aubuisson gefunden hat, ſie unterſcheiden ſich bloſs durch den von Letzterem weggelaſſenen Factor $1 - \frac{W'^2}{w^2}$ oder $1 - \frac{d^4}{D^4}$, welchen Navier deswegen für nothwendig hält, weil für eine am Ende ganz offene Röhre, wobei alſo W′ = w wird, h = 0 werden muſs.

Da in den Verſuchen von d'Aubuisson koniſche Ausfluſsröhren vorhanden waren, deren Länge ihren Durchmeſſer mehreremale übertraf, ſo darf der oben durch m bezeichnete Coefficient des Widerſtandes nicht fehlen. Navier nimmt gleichfalls an, daſs dieſer = 0,94 ſey, und dieſemnach erhält man alſo

$$8\beta = \frac{H-h}{h} \frac{D^5}{\lambda (0,94)^2 d^4} \left(1 - (0,94)^2 \frac{d^4}{D^4}\right)$$

oder nach d'Aubuisson mit Weglaſſung des bemerkten Factors

$$8\beta = \frac{H-h}{h} \frac{D^5}{\lambda d^4},$$

Digitized by Google

woraus also folgt, daſs die von diesem gefundenen Werthe denen von Navier erhaltenen gleichkommen, wenn man sie mit $\frac{1}{(0,94)^2} - \frac{d^4}{D^4}$ multiplicirt. Diesemnach sind die verschiedenen Werthe von 8β folgende

D		d		Werth von 8β d'Aubuisson	Werth von 8β Navier
0,10	Met.	0,05	Met.	0,0222	0,02374
		0,04	—	0,0210	0,02323
		0,03	—	0,0221	0,02483
		0,02	—	0,0200	0,02260
0,05	—	0,03	—	0,0232	0,02325
		0,02	—	0,0248	0,02743
0,0235	—	0,02	—	0,0248	0,01506

Hieraus erhält d'Aubuisson als mittlern Werth $8\beta = 0,0238$, Navier aber findet die zuletzt erhaltene Zahl zu groſs und nimmt daher im Mittel

$$8\beta = 0,02594, \text{ also } \beta = 0,00228 :$$

Die bedeutenden Abweichungen von diesem Mittel erklären sich leicht aus dem Umstande, daſs h überhaupt nicht groſs ist und kleine Beobachtungsfehler daher den Werth von β bedeutend ändern. Girard's Beobachtungen der Luftströmung in den Röhren von kleinem Durchmesser stimmen sehr gut hiermit überein; am besten lassen sich aber diese und d'Aubuisson's Versuche vereinigen, wenn man $\beta = 0,00324$ setzt. Daſs die von dem Erstern mit weiten Röhren angestellten Versuche nicht passen, scheint in Hindernissen zu liegen, die dabei vorwalteten, jetzt aber nicht mehr aufzufinden sind.

Auch nach Navier gelangt man eben so leicht, als nach d'Aubuisson, zu einem allgemeinen Ausdrucke der unter gegebenen Bedingungen ausströmenden Gasmengen, wenn man die von ihm gewählten Bezeichnungen beibehält und hiernach den durch die bisherigen Betrachtungen begründeten analytischen Ausdruck sucht. Für denjenigen Fall, wenn man den Stand des Manometers unmittelbar von der Düse kennt, hat diese Aufgabe gar keine Schwierigkeit, denn man betrachtet den Gasstrom als aus einem Gefäſse unter bekanntem Drucke durch ein kurzes Rohr von cylindrischer oder konischer Gestalt ausströmend, und diese Frage ist bereits mehrmals in den mitgetheilten Untersuchungen, namentlich §. 15. für die Praxis eben so einfach als genügend beantwortet worden, wenn gleich in Beziehung auf

Digitized by Google

den numerischen Werth des Widerstandscoefficienten m einige Ungewiſsheit bleibt, die wohl nicht gut anders als durch neue, im Groſsen angestellte, genaue Versuche zu beseitigen seyn möchte. Kennt man dagegen, wie meistens der Fall zu seyn pflegt, nur den Stand des Manometers da, wo die Gasart vor dem Einströmen in die Leitungsröhre condensirt ist, so muſs der analytische Ausdruck auſser diesem Drucke noch die Durchmesser der Leitungsröhre und des engsten Theiles des Ausfluſsrohrs oder der Düse und die Länge der Leitungsröhre, wenn diese ihren Durchmesser hundert und mehreremale übersteigt, enthalten. Nach den bisher durch Navier gebrauchten Bezeichnungen, nämlich P für den innern, P' für den äuſsern Druck, H den Stand des Manometers, ist $\frac{P-P'}{P'}=\frac{H}{b}$, wenn b den Barometerstand bezeichnet. Gleichartigkeit der Flüssigkeiten im Manometer vorausgesetzt ist dann die Menge des in einer Sexagesimalsecunde ausströmenden Gases

$$M=\frac{\pi d^2}{4}\cdot\frac{H}{b+H}\sqrt{\frac{2k}{\frac{8\beta\lambda}{D}+\frac{D^4}{d^4}+\left(\frac{1}{n}-1\right)^2}\cdot\frac{H}{b}}, \quad (36)$$

und wenn das Gas aus dem Leitungsrohre ohne Düse oder eine Oeffnung in einem dünnen Bleche ausströmt, wonach also D = d wird,

$$M=\frac{\pi D^2}{4}\cdot\frac{H}{b+H}\sqrt{\frac{2k}{\frac{8\beta\lambda}{D}+1+\left(\frac{1}{n}-1\right)^2}\cdot\frac{H}{b}}, \quad (37)$$

und endlich für so lange Leitungsröhren, daſs ihr Durchmesser gegen die Länge als unmerklich zu betrachten ist, noch einfacher

$$M=\frac{\pi D^2}{4}\cdot\frac{H}{b+H}\sqrt{\frac{k D H}{4\lambda\beta b}} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (38)$$

In diesen Formeln bedeutet π die bekannte Verhältniſszahl des Kreises zum Durchmesser, H die Höhe des Manometers am Behälter, aus welchem das Gas in die Röhre strömt, b die Länge oder Höhe der Flüssigkeitssäule im Barometer, wobei sich von selbst versteht, daſs beide in dem nämlichen Maſse ausgedrückt werden, womit auch die Länge $= \lambda$ und der Kubikinhalt der ausströmenden Gasmenge = M gemessen wird; k drückt die Höhe einer Säule der ausströmenden Gasart aus, welche der Flüssigkeitssäule im Barometer = b das Gleichgewicht hält, und wird gefunden aus der Gleichung

$$k = 2 g l \eta (1 + 0{,}00375\, t) \frac{B}{b},$$

worin g den Fallraum in einer Secunde, l die in gleichem Maſse gemessene Flüssigkeit im Barometer, η das spec. Gewicht dieser Flüssigkeit gegen die ausströmende Gasart, B den Barometerstand bei der Bestimmung dieses spec. Gewichts, b den Barometerstand zur Zeit des Ausströmens und t die Grade des hunderttheiligen Thermometers bezeichnen; β ist ein beständiger Coefficient, dessen numerischen Werth Navier = 0,00324 bei der Anwendung des metrischen Maſses gefunden hat; D ist der Durchmesser der Röhre und d der kleinste Durchmesser der Düsenöffnung oder der Mündung, aus welcher das Gas ausströmt[1].

26) Unter den bisher mitgetheilten Versuchen sind wohl die durch G. G. Schmidt angestellten wegen des zu geringen Durchmessers der gebrauchten Röhren für die praktische Anwendung nicht geeignet, desto schätzbarer dagegen sind die von Girard, und da sie nicht bloſs in einem sehr groſsen Maſsstabe ausgeführt wurden, sondern auch durch die nicht minder bedeutenden von d'Aubuisson in den wesentlichsten Stücken eine Bestätigung erhalten haben, so dürfen sie um so mehr für pneumatisch-technische Anlagen zur Norm dienen, als allen solchen Versuchen unglaubliche Schwierigkeiten entgegenstehn und also nicht leicht eine Wiederholung derselben unter gleich günstigen Bedingungen zu erwarten ist, obgleich Navier nicht ohne Grund den Wunsch ausspricht, daſs durch abermals wiederholte die Theorie vollkommen mit der Erfahrung in Einklang kommen möge. Um daher auf der einen Seite die praktische Anwendung der durch diese Versuchsreihen erhaltenen Resultate zu erleichtern, auf der andern aber eine möglichst bequeme Uebersicht zu geben, bis zu welchem Grade der Genauigkeit man durch die einfachsten Betrachtungen zu gelangen hoffen darf, habe ich nach der von d'Aubuisson angegebenen sehr bequemen Formel die theoretischen Ausfluſsmengen berechnet und mit den durch Erfahrung gefundenen

---

1 Den Fall, daſs eine Röhrenleitung aus einzelnen Abschnitten von ungleichen Durchmessern bestehn könnte, finde ich nirgends erwähnt. Da es hierüber an allen Erfahrungen fehlt, so würden theoretische Betrachtungen von keinem bedeutenden Nutzen seyn.

Digitized by Google

verglichen. In der hierfür gebrauchten Formel ist der durch d'Aubuisson angenommene Widerstandscoefficient m = 0,93 nicht enthalten, und es ergiebt sich also aus der Zusammenstellung, welchen Werth derselbe bei langen, am Ende offenen Röhren habe. Die hierbei angewandte Gleichung ist die oben §. 24. für die Messung an einem Wasserbarometer bereits mitgetheilte[1], nämlich

$$M = 664 \sqrt{\frac{H D^5}{\lambda + 47 D}}.$$

Die folgende Tabelle giebt eine Uebersicht der gegebenen und der gefundenen Gröſsen, wobei nur noch zu bemerken ist, daſs für das Steinkohlengas, dessen specifisches Gewicht Girard = 555 gegen Wasser = 1000 fand, die Formel mit $\sqrt{\frac{1000}{555}}$ multiplicirt werden muſs. Der Stand des Wassermanometers war in allen Versuchen = 0,03383 Meter, und die Versuche 1 bis 3, dann 17 bis 21 wurden mit Steinkohlengas, die übrigen mit atmosphärischer Luft gemacht.

Nr. d. Vers.	Querschnitt d. Gasomet.	Sinken des Gasometers.	Länge der Röhren.	Durchm. d. Röhren.	Ausfluſsmengen nach Vers. = M	Rechnung = M'	$\frac{M}{M'} = m$
1	9,4968	0,12180	128,80	0,08121	1,156710	1,60527	0,72056
2	—	0,07103	475,80	—	0,674558	0,84413	0,79913
3	—	0,05414	622,80	—	0,514156	0,73849	0,69622
4	—	0,09023	128,80	—	0,856896	1,19590	0,71652
5	—	0,05414	475,80	—	0,514156	0,62885	0,81761
6	—	0,03947	622,80	—	0,374838	0,55016	0,68157
7	0,3631	0,09585	36,91	0,01579	0,034803	0,03656	0,93919
8	—	0,08459	55,91	—	0,030715	0,03050	1,00697
9	—	0,06541	88,06	—	0,023750	0,02429	0,97784
10	—	0,05526	111,24	—	0,020065	0,02169	0,92487
11	—	0,09475	37,53	—	0,034402	0,03711	0,92701
12	—	0,08121	56,84	—	0,029486	0,03021	0,97464
13	—	0,06767	85,06	—	0,024571	0,02478	0,99138
14	—	0,05414	109,04	—	0,019658	0,02191	0,89718
15	—	0,05075	126,58	—	0,018427	0,02011	0,91630
16	—	0,23800	6,58	—	0,086418	0,08485	1,01843
17	—	0,12858	37,53	—	0,046687	0,04981	0,93724
18	—	0,10828	56,84	—	0,039316	0,04061	0,96812
19	—	0,09587	85,06	—	0,034810	0,03327	1,04634
20	—	0,07444	109,04	—	0,027029	0,02941	0,91900
21	—	0,06940	126,58	—	0,025199	0,02699	0,93349

1 Die Formel giebt die Menge des in einer Secunde ausströ-

27) Eine bloſs oberflächliche Uebersicht der hiernach erhaltenen Werthe von m könnte leicht auf den Gedanken führen, daſs die Versuche überhaupt zu wenig genau seyn möchten, um eine zuverlässige Bestimmung jener Gröſse daraus zu entnehmen, indem die Abweichungen der einzelnen Gröſsen bis zu einem Drittel des Ganzen reichen; eine nähere Betrachtung zeigt jedoch bald, daſs die sämmtlichen Versuche in zwei verschiedene Gruppen zerfallen, in deren jeder die Werthe von m so genau unter sich übereinstimmen, als bei den vielfachen Schwierigkeiten solcher Operationen billig zu erwarten ist. Die erste der beiden Gruppen begreift diejenigen Versuche, welche mit den weitern Röhren angestellt wurden, und giebt im Mittel den Werth von m = 0,7386, mithin unerwartet klein. Inzwischen haben schon Navier und d'Aubuisson bei ihren Prüfungen gefunden, daſs diese Versuche weder mit der Theorie noch mit andern, namentlich den durch Girard selbst und den durch d'Aubuisson angestellten, übereinstimmen, weswegen sie annehmen, daſs irgend ein Hinderniſs die Bewegung der Luft in diesen Röhren verzögert habe. Bei der genauen Uebereinstimmung aller andern, mit so vorzüglicher Sorgfalt angestellten und ausnehmend zahlreichen Versuche muſs nothwendig angenommen werden, daſs gerade diese allein abweichenden mit irgend einem constanten Fehler behaftet sind, dessen Ursache allerdings wohl in einem aus dem Baue der Röhren hervorgehenden Hindernisse liegen könnte, vielleicht aber mit gröſserer Wahrscheinlichkeit in irgend einer unrichtigen Messung zu suchen seyn möchte. Insofern es also unmöglich ist, hierüber zur Gewiſsheit zu gelangen, können die übrigen unter sich sehr genau und mit den durch d'Aubuisson angestellten bis auf unbedeutende Abweichungen übereinstimmenden Versuche, die in vorstehender Tabelle mitgetheilt sind, zur Auffindung des Werthes von m mit hinlänglicher Sicherheit benutzt werden. Hierfür erhält man im Mittel m = 0,957933.... und wird sich von der Wahrheit nicht sehr entfernen, wenn man diese Zahl auf 0,96 erhöht. Hieraus ergiebt sich also, daſs lange, am Ende offene Röhren sehr nahe genau diejenige Menge von Gas

---

menden Gases nach Kubikmetern; weil aber die Versuche sämmtlich auf Minuten reducirt sind, so ist es bequemer, der Formel den Factor 60 hinzuzusetzen.

[illegible]ern werden, die durch die Berechnung nach der angegebenen Formel gefunden wird, worin schon auf den Einfluſs der Länge und des Durchmessers Rücksicht genommen worden ist, und man könnte dieselbe daher ganz ohne diesen Widerstandscoefficienten in Anwendung bringen, wenn es für die Praxis nicht besser und sicherer wäre, lieber zu wenig als zu viel durch Berechnung in Voraus zu finden.

Obgleich durch die bisherigen Untersuchungen die Aufgabe in einem solchen Grade vollständig erschöpft zu seyn scheint, daſs sich sogleich die analytischen Ausdrücke für die praktische Anwendung darauf gründen lieſsen, so scheint es mir doch angemessener, zuvor noch einige Betrachtungen zur Vervollständigung des Ganzen hinzuzufügen.

28) Wenn eine Flüssigkeit beim Fortflieſsen von der geraden Richtung durch ein Hinderniſs abgelenkt wird, so muſs ihre Geschwindigkeit dadurch eine Verminderung erhalten, die auch beim Wasser den Erfahrungen nach keineswegs unbedeutend ist, und wonach es also wahrscheinlich wird, daſs bei der genauen Uebereinstimmung zwischen den pneumatischen und den hydraulischen Erscheinungen eine gleiche Wirkung sich auch beim Strömen der Luft in Röhren zeigen müsse. Inzwischen finde ich bei keinen mir bekannt gewordenen Untersuchungen dieses Hinderniſs der Bewegung berücksichtigt, auſser bei den gehaltreichen, die wir dem Fleiſse d'Aubuisson's verdanken[1]. Als einfachstes Mittel zur Auffindung des aus der Biegung einer Röhre in irgend einem Winkel entstehenden Widerstandes muſste sich darbieten, die Röhre unmittelbar vor und hinter der Biegung mit einem Manometer zu versehn und aus dem ungleichen Stande beider die Verminderung der Geschwindigkeit aufzufinden, allein die Differenz zeigte sich hierbei bald so unerwartet gering, daſs man es vorzog, mehrere in kleinen Winkeln gebogene Kniee anzubringen, um hierdurch die Wirkung zu verstärken und leichter wahrnehmbar zu machen. Aber auch durch dieses Mittel lieſs sich der beabsichtigte Zweck nicht erreichen, und es war unmöglich, den Widerstand auf ein allgemeines Gesetz zurückzubringen, ungeachtet die Strömungsgeschwindigkeit zur bessern Vergleichung in gleich langen, theils durchaus geraden, theils mit mehrern Knieen ver-

1 A. a. O. in Ann. des Mines. 2me Ser. T. III. p. 444.

sehenen Röhren gemessen wurde. Mit Uebergehung der einzelnen aus zahlreichen Versuchen erhaltenen Resultate theile ich bloſs eine Uebersicht desjenigen Widerstandes mit, welcher in Röhren von ungleichem Durchmesser und bei Anwendung von Ausfluſsröhren, deren Weite gleichfalls verschieden war, durch mehrere Umbiegungen in Winkeln von 45 und 90 Graden erzeugt wurde. War nämlich die Menge der aus gleich langen geraden Röhren ausflieſsenden Luft in gleichen Zeiten = 100, so gaben:

	Durchmesser der Düsen		
	0,03 Met.	0,02 Met.	0,01 Met.
Röhren von 0,05 Meter Durchmesser			
7 Kniee von 45°	75	82	99
11 — — —	75	86	99
15 — — —	73	88	99
Röhren von 0,0235 Meter Durchmesser			
7 Kniee von 90°	73	75	99
11 — — —	73	83	90
15 — — —	73	80	90

Hieraus geht also das merkwürdige Resultat hervor, daſs die Zahl der Biegungen den Widerstand nicht vermehrt, und, was für die Praxis von gröſster Wichtigkeit ist, daſs die engern Düsen bei verhältniſsmäſsig gröſserer Weite der Röhren durch wiederholte Biegungen selbst in kleinen Winkeln kaum ein Procent ihrer Ausfluſsmengen verlieren, ja sogar daſs das hieraus erwachsende Hinderniſs durch einige Erweiterung der Röhren in den Knieen und allmälige Krümmung derselben gänzlich vermieden wird. Wiederholte Versuche, verbunden mit theoretischen Betrachtungen, führten zwar zu keinem bestimmten und sichern Resultate, welches nur dadurch zu erhalten wäre, daſs man vermittelst eines Gasometers die Ausfluſsmengen aus geraden und gebogenen Röhren, beide von gleicher Länge, mäſse; allein dennoch glaubt D'AUBUISSON den Widerstand, welchen die Krümmungen erzeugen, in genähertem Werthe durch die Formel

$$r = 0{,}00002\, u^2 S^2 \text{ Meter}$$

ausdrücken zu können, worin r den Widerstand, u die Geschwindigkeit und S die Summe der Quadrate der Sinus derjenigen Winkel, in welchen die Krümmungen gebogen sind, bezeichnen. Die Ausströmungsgeschwindigkeit U ergiebt sich

Digitized by Google

aber aus der Geschwindigkeit der Strömung in der Röhre u, indem $u = U \frac{d^2}{D^2}$ ist, und sonach wird

$$r = 0{,}00002\, S^2\, U^2 \frac{d^4}{D^4} \text{ Meter}$$

als der einzige bisher hierfür aufgefundene, keineswegs für absolut zuverlässig ausgegebene Ausdruck.

29) Man vermeidet bei den Windleitungsröhren sorgfaltig jede Verengerung, weil dadurch die Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeiten ungewiſs wird; da es aber nicht allezeit möglich ist, dieselben ganz zu vermeiden, namentlich wenn für einzelne Feuer an die Hauptleitungsröhren kleinere seitwärts gehende angestoſsen werden, so wäre es allerdings wünschenswerth, den Einfluſs solcher Verengerungen gleichfalls durch Versuche auszumitteln. Dieses ist aber, so viel ich weiſs, weder früher geschehn, noch auch selbst durch d'Aubuisson bei seinen ausgedehnten pneumatischen Untersuchungen. Letzterer fügt indeſs zur Vervollständigung des Ganzen folgende Betrachtungen hinzu.

Wenn der Widerstandscoefficient, welcher beim Ausströmen einer Gasart durch eine Oeffnung in einem dünnen Bleche die Geschwindigkeitsverminderung angiebt, durch m bezeichnet wird und die Strömung durch eine solche Oeffnung vom Durchmesser $\varDelta$ stattfindet, so ist der Durchmesser des durchströmenden Cylinders nicht mehr $\frac{\pi}{4}\varDelta^2$, sondern $\frac{\pi}{4} m \varDelta^2$, und die Geschwindigkeit des Strömens wird $U \frac{d^2}{m \varDelta^2}$, während sie im Rohre selbst $= U \frac{d^2}{D^2}$ ist, wenn D den Durchmesser des Rohrs und d den der Düse bezeichnen. Wollte man daher die frühere Ausfluſsgeschwindigkeit U beibehalten, so müſste die bewegende Kraft um so viel mehr verstärkt werden, als $U \frac{d^2}{m D^2}$ die Gröſse $U \frac{d^2}{D^2}$ übertrifft. Hatte man also vorher die Manometerhöhe $= h$, um die Geschwindigkeit U zu erzeugen, so bedürfte es für die verengerte Ausfluſsöffnung einer Höhe von $h \frac{d^4}{m^2 \varDelta^4}$, da die Höhen sich wie die Quadrate der Geschwin-

Digitized by Google

digkeiten verhalten und dieselbe ohne die Verengerung $h\frac{d^4}{D^4}$ seyn würde. Hiernach ist also der Ueberschuſs der wegen der Verengerung erforderlichen Kraft oder der zu überwindende Widerstand

$$hd^4\left(\frac{1}{m^2\,\Delta^4}-\frac{1}{D^4}\right).$$

Entsteht der zu überwindende Widerstand durch den Eintritt der Gasart in ein eingesetztes Rohr vom Durchmesser D, so ist $m = 0{,}93$ und $\Delta = D$, wonach also der Widerstand durch die Verengerung

$$0{,}156\,h\frac{d^4}{D^4}$$

wird. Wenn man ferner den Werth von U aus der oben mitgetheilten Gleichung $U = 395{,}4\sqrt{h\frac{T}{b+h}}$ entwickelt und in die Gleichung für den Widerstand durch Krümmungen substituirt, so wird $0{,}00002\,S^2\,U^2\frac{d^4}{D^4}$ in ziemlich genähertem Werthe $3{,}6\,h\,S^2\frac{d^4}{D^4}$, also alle drei Ausdrücke für die Widerstände aus der Reibung und Adhäsion an den Röhrenwandungen, für die Verengerung und für die Krümmungen zusammengenommen erhält man

$$H - h = hd^4\left[\frac{0{,}016\,\lambda\,T}{D^5(b+h)} + \left(\frac{1}{m\,\Delta^4}-\frac{1}{D^4}\right) + 3{,}6\frac{S^2}{D^4}\right].$$

Aus dieser Gleichung kann der Werth von h entwickelt und in die Gleichung

$$M = 289\,d^2\sqrt{h\frac{T}{b+h}}$$

gesetzt werden, um die Menge des ausströmenden Gases zu finden.

30) Die Uebersicht der in den beiden letzten Paragraphen untersuchten Hindernisse der Bewegung führt zu dem Resultate, daſs sie in der praktischen Anwendung füglich vernachlässigt werden können. Was nämlich den Widerstand betrifft, der durch etwaige Krümmungen hervorgebracht wird, so darf man wohl nicht erwarten, daſs das Verhältniſs der Düsen zu dem der Röhre kleiner als 1:2 seyn sollte, und da in diesem Falle

bei mehreren Krümmungen und selbst in kleineren Winkeln als von 90 Graden der Verlust kaum 0,01 betrug, so läſst sich auch dieser nach D'AUBUISSON's Angabe durch einige Erweiterung und vorzügliche Glätte der Röhre in der Krümmung leicht gänzlich vermeiden[1]. Wenn ferner aus einer weitern Gasleitungsröhre eine angestoſsene engere seitwärts abläuft, so kann für den Fall, wenn groſse Genauigkeit verlangt wird, die Manometerhöhe = h, welche in der weitern Röhre unmittelbar vor dem Anfange der engern stattfindet, entweder gemessen oder nach den §. 24. gegebenen Formeln berechnet werden. Man betrachtet dann diesen Theil der weitern Röhre als Gasometer, setzt das hierfür gefundene h = H, und findet auf diese Weise die gesuchten Bestimmungen, wenn anders das engere Rohr noch auf eine beträchtliche Strecke fortläuft und nicht bloſs als Düse zu betrachten ist. Für die praktische Anwendung ist es daher am wesentlichsten, die Mengen der aus beliebig langen und weiten Röhren in einer Secunde ausströmenden Gasarten in hinlänglich genäherten Werthen vermittelst eben so bequemer Formeln zu finden, als oben §. 15. für das Ausströmen aus dünnen Blechen und kurzen Ansatzröhren bereits gegeben worden sind. Hierfür scheinen mir aber die durch D'AUBUISSON mitgetheilten sich um so mehr zu eignen, als darin die constanten Gröſsen nach dessen eigenen und GIRARD's Versuchen genügend bestimmt sind. Diesemnach ist also für metrisches Maſs und M in Kubikmetern ausgedrückt

1) für Röhren, welche überall von gleicher Weite fortlaufen und an den Enden weder mit einer Düse noch mit einem dünnen durchlöcherten Bleche versehn sind, und bei der Anwendung eines Quecksilbermanometers

$$M = 2450\sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47D}};$$

2) bei der Anwendung eines Wassermanometers, das spec. Gewicht des Quecksilbers gegen Wasser = 13,6 angenommen, also durch $\sqrt{13,6}$ dividirt,

---

1 D'AUBUISSON findet es auffallend, daſs die Menge der vorhandenen Krümmungen auf den Widerstand gar keinen Einfluſs hat; mir scheint aber hierin ein vollständiger Beweis zu liegen, daſs Krümmungen überhaupt beim Strömen der Gase kein Hinderniſs geben, weil sonst ihre vermehrte Zahl nothwendig den Widerstand in einem gewissen Verhältnisse steigern müſste.

Digitized by Google

$$M = 664 \sqrt{\frac{H D^5}{\lambda + 47 D}}.$$

Beide Formeln geben jedoch bloſs die theoretischen Ausfluſsmengen, ohne Rücksicht auf den Widerstand, welchen die Gasarten auch in solchen Röhren erleiden. Wenn wir aber annehmen, daſs der Widerstandscoefficient hierfür aus der oben §. 26. mitgetheilten Berechnung der Versuche von Girard mit genügender Sicherheit gefunden worden sey, so verwandeln sich diese beide Formeln durch Einführung des dort bestimmten Werthes von m = 0,96 in folgende:

3) bei Anwendung eines Quecksilbermanometers

$$M = 2352 \sqrt{\frac{H D^5}{\lambda + 47 D}}$$

4) und für ein Wassermanometer

$$M = 637 \sqrt{\frac{H D^5}{\lambda + 47 D}}.$$

Ist die Röhre an ihrem Ende mit einer Düse, d. h. einem kurzen cylindrischen oder etwas konischen Ausfluſsrohre versehn, so läſst sich annehmen, daſs dadurch der so eben mit in Rechnung genommene Widerstand nicht aufgehoben wird, vielmehr kommt ein neuer Widerstandscoefficient hinzu, welchen d'Aubuisson = 0,93 gefunden hat. Durch Einführung dieses Factors verwandeln sich die beiden letzten in folgende:

5) für ein Quecksilbermanometer

$$M = 2187 \sqrt{\frac{H D^5}{\lambda + 47 \frac{D^5}{d^4}}},$$

6) für ein Wassermanometer

$$M = 592 \sqrt{\frac{H D^5}{\lambda + 47 \frac{D^5}{d^4}}},$$

worin d den kleinsten Durchmesser der Düse bezeichnet. Ist endlich das Ende des Rohrs oder auch der Düse durch ein dünnes Blech verschlossen, worin sich eine Oeffnung zum Ausströmen der Gasart befindet, dessen Durchmesser beträchtlich kleiner ist, als der der Düse oder Röhre, mindestens im Verhältnisse von 1 : 2, so erhält der Coefficient m einen andern Werth, den wir nach d'Aubuisson füglich = 0,64 annehmen können. Wird dieser statt des in den beiden letzten Formeln aufgenommenen in die Gleichungen 3 und 4 eingeführt, so erhält man

7) für ein Quecksilbermanometer

$$M = 2145 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47\frac{D^5}{d^4}}},$$

8) für ein Wassermanometer

$$M = 407 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47\frac{D^5}{d^4}}},$$

worin d den Durchmesser der Oeffnung im dünnen Bleche bezeichnet.

Die hier mitgetheilten Formeln laſsen sich leicht auf andere Maſse reduciren, deren Verhältniſs zum metriſchen hinlänglich genau beſtimmt iſt. Gröſserer Bequemlichkeit wegen habe ich dieſes ſowohl für altpariſer Fuſsmaſs, als auch für rheinländiſches vorgenommen. Dieſemnach verwandeln ſich die mitgetheilten acht Formeln, wenn M in par. Kubikfuſs, H, D, d und λ in pariſer Fuſs genommen werden, das Meter = 443,296 par. Lin. geſetzt, in folgende:

$$1)\ M = 4298{,}7 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47\,D}}$$

$$2)\ M = 1165{,}6 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47\,D}}$$

$$3)\ M = 4126{,}75 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47\,D}}$$

$$4)\ M = 1118{,}87 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47\,D}}$$

$$5)\ M = 3837{,}88 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47\frac{D^5}{d^4}}}$$

$$6)\ M = 1040{,}55 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47\frac{D^5}{d^4}}}$$

$$7)\ M = 2641 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47\frac{D^5}{d^4}}}$$

$$8)\ M = 716 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47\frac{D^5}{d^4}}}$$

Digitized by Google

Für rheinländisches Fuſsmaſs, den Fuſs zu 139,13 par. Linien und das Meter wie oben bestimmt, erhält man folgende acht Formeln:

$$1)\ M = 4373{,}2 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47\,D}}$$

$$2)\ M = 1185{,}86 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47\,D}}$$

$$3)\ M = 4198{,}27 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47\,D}}$$

$$4)\ M = 1138{,}42 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47\,D}}$$

$$5)\ M = 3904{,}4 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47\,\frac{D^5}{d^4}}}$$

$$6)\ M = 1058{,}73 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47\,\frac{D^5}{d^4}}}$$

$$7)\ M = 2686{,}89 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47\,\frac{D^5}{d^4}}}$$

$$8)\ M = 728{,}48 \sqrt{\frac{HD^5}{\lambda + 47\,\frac{D^5}{d^4}}}$$

Hat die Röhrenleitung eine Beugung in einem nicht groſsen Winkel und will man zu gröſserer Sicherheit auch hierfür eine Correction anbringen, so müſste man jede der gegebenen Formeln mit 0,99 multipliciren; es ist jedoch nicht wahrscheinlich, daſs dieses nöthig seyn sollte, dagegen aber darf angenommen werden, daſs die durch diese Formeln erreichbare Genauigkeit überall nicht bis an ein Hundertstel reicht. Dagegen ist wohl zu berücksichtigen, daſs alle die angegebenen Formeln nur für atmosphärische Luft gelten und daher für jede andere Gasart mit dem Factor $\sqrt{\frac{\pi}{\pi'}}$ multiplicirt werden müssen, worin π das spec. Gewicht der atmosphärischen Luft, π' aber der strömenden Gasart bezeichnet; weil die Ausströmungsgeschwindigkeiten den Quadratwurzeln der Dichtigkeiten oder

Digitized by Google

spec. Gewichte der Gasarten umgekehrt proportional sind, insofern ihre Fluidität in eben diesem Verhältnisse zunimmt.

31) Die Summe der bekannten pneumatischen Erscheinungen wurde im October 1826 durch eine höchst interessante Beobachtung erweitert. Indem nämlich Thénard und Clément Desormes die Schmelzöfen zu Fourchambault besahen, wurden sie durch den dortigen Ingenieur Griffith darauf aufmerksam gemacht, daſs ein tannenes Bret, welches ein Arbeiter vor die Mündung einer kräftig wirkenden Düse hielt, durch die ausströmende Luft nicht zurückgestoſsen, sondern vielmehr angezogen wurde. Dieser überraschende Erfolg findet nur dann statt, wenn die Oeffnung des Blaserohrs in einer ebenen Platte endigt, und Clément überzeugte sich sofort, daſs das Phänomen seinem Wesen nach kein anderes sey, als was sich nach Venturi's und andern Versuchen beim Ausströmen des Wassers aus konischen Oeffnungen zeigt und bei der Luft nach den oben mitgetheilten Beobachtungen von Schmidt gleichfalls erfolgt, indem die Ausfluſsgeschwindigkeit vermehrt wird, weil der ausströmende Flüssigkeitscylinder in der konischen Röhre, die er nothwendig ausfüllen muſs, einen vergröſserten Durchmesser erhält. Clément wiederholte die Erscheinung nicht bloſs mit Luft, sondern auch mit Wasserdampf, und fand die Sache auch hierdurch bestätigt, Hachette richtete einen Apparat auf gleiche Weise für Wasser ein und erhielt auch hiermit den nämlichen Effect. Am besten und einfachsten zeigt sich dieser, wenn die Mündung des Ausströmungsrohrs in einer runden Platte von einem gegen zehn und mehrmals gröſsern Durchmesser endet und man dieser Platte eine andere von gleichem Durchmesser bis auf einige Zehntheile einer Linie nähert, in welchem Falle dann beim Ausströmen der Flüssigkeit die letztere sich der erstern nähert, mit ihr zur Berührung kommt, wieder fortgestoſsen wird und in diesem Wechsel anhaltend beharrt. Hachette hat das Problem vollständig untersucht und davon folgende Erklärung gegeben[1].

Der einfachste Apparat, dessen sich Hachette mit einigen auſserwesentlichen Abänderungen bediente, besteht aus ei-

1 Ann. Chim. et Phys. XXXV. 34. Daraus in Poggendorff Ann. X. 265.

Fig. 76. ner Röhre AB, welche sich bei CD erweitert und durch eine Scheibe mit einem Ringe verschlossen ist. In der Mitte befindet sich ein kleines Loch E, welches durch eine Scheibe von bedeutend gröſserem Durchmesser C′D′ bedeckt ist, die in die Oeffnung des Ringes gelegt wird. Die letztere Scheibe kann von Papier, Pappe, Holz, Kork oder Metall seyn; meistens wählt man Kartenpapier oder Metall, letzteres insbesondere, wenn man beabsichtigt, durch das wiederholte Losreiſsen und Aufschlagen der Platte einen Ton zu erzeugen, der wegen der unregelmäſsigen Zeitintervalle des Aufschlagens meistens rauh und undeutlich ist, sich aber dennoch durch vorsichtige Anordnung der einzelnen Theile dss Apparats in einen kenntlichen verwandeln läſst. Sehr gewöhnlich wird der Apparat auch auf folgende Weise construirt. Auf das meistens etwas konische, etwa 8
Fig. 77. Zoll lange und etwa 2 Lin. weite Rohr AB wird das kleine Gefäſs C gesteckt, um die beim Blasen mit dem Munde sich absetzende Feuchtigkeit aufzunehmen. Aus letzterem erhebt sich das kurze 1 bis 1,5 Lin. weite Röhrchen c in verticaler Richtung und endigt in der horizontalen Scheibe ab, über welche die etwas kleinere, aber gleichfalls ganz ebene Scheibe α gedeckt ist. Damit diese nicht herabfalle und sich nur bis zu einer bestimmten Höhe erhebe, sind am Rande der erstern Scheibe 3 oder 4 kleine Streben β, γ angebracht, die man oben umbiegen oder zwischen welche man einen Ring von Kork pressen kann; am einfachsten aber steckt man ein Stückchen Kork darauf, das sich durch seine Reibung in verschiedenen Entfernungen feststellen läſst, so daſs die Scheibe α in dem Zwischenraume zwischen diesen Korkstücken und der Scheibe ab auf- und abwärts bewegt wird. In das Rohr AB kann man mit dem Munde blasen, oder das Ende A mit einem Händblasebalge versehn, oder Dampf oder selbst Wasser durch dasselbe strömen lassen, worauf dann die Scheibe α anstatt gehoben zu werden vielmehr mit Gewalt gegen die Scheibe ab drückt. Wird der Apparat umgedreht, so daſs die Scheibe ab nach unten gekehrt ist, so fällt die Scheibe α nicht herab, sondern wird vielmehr aufwärts gezogen, und es entsteht durch das regelmäſsige Anschlagen derselben gegen die Scheibe ab ein unterscheidbarer Ton.

Die Erklärung des Phänomens folgt aus den angegebenen Gesetzen ganz einfach. Indem nämlich die verdichtete Luft

Digitized by Google

aus dem engen Röhrchen strömt, breitet sie sich in dem Zwischenraume zwischen den beiden Scheiben aus, behält die Geschwindigkeit ihrer Strömung bei und kann also diesen Raum nicht mit der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft ausfüllen. Es drückt daher gegen die untere Fläche der Scheibe *a* eine verdünntere Luft, gegen die obere aber die atmosphärische Luft, und da die letztere eine gröſsere Elasticität besitzt, so muſs die Scheibe *a* mit einer gewissen Kraft gegen ab gedrückt werden. Bezeichnet also K den Flächeninhalt der Scheibe ab oder *a*, die beide als gleich anzunehmen sind, k den Flächeninhalt der Oeffnung, p den Druck der Luft gegen die Fläche der Scheibe *a*, welche die Mündung des Rohrs bedeckt, deren Fläche also $= k$ ist, p′ den Luftdruck gegen den übrigen Theil der Scheibe, dessen Flächeninhalt $= K - k$ ist, P den atmosphärischen Luftdruck gegen die andere Seite der Scheibe, so erleidet die letztere, wenn man ihr eigenes Gewicht unberücksichtigt läſst, gegen die äuſsere Seite einen Druck $= KP$, welcher sie der Scheibe ab zu nähern strebt, von der andern einen Druck, welcher durch kp und $(K - k)\,p'$ bezeichnet werden kann, und es muſs

$$KP > kp + p'(K-k) \text{ oder } K(P-p') > k(p-p')$$

seyn, wenn die Scheibe angedrückt werden soll. Es kommt also alles auf das Verhältniſs der hierin enthaltenen Gröſsen an. Ist k sehr klein im Verhältnisse zu K, so wird p viel gröſser und p′ viel kleiner seyn als der atmosphärische Luftdruck P. Man kann aber $k(p-p')$ beliebig verkleinern durch die Verminderung von k, dagegen aber $K(P-p')$ vergröſsern, wenn p′ viel geringer ist als P. Der Unterschied wird um so geringer werden, je mehr k sich dem K nähert, weswegen auch die Scheiben *a* nicht unter eine gewisse Gröſse herabgehn dürfen, wenn sie angezogen werden sollen. Indem aber der atmosphärische Luftdruck im Mittel etwa 15 Pfd. gegen eine Fläche von 1 par. Quadratzoll beträgt, so folgt hieraus, daſs ein geringer Unterschied des gegen die eine und die andere Seite der Scheibe stattfindenden Druckes schon eine bedeutende Pressung erzeugen muſs.

Hachette construirte einen eigenen Apparat, um den Unterschied beider Pressungen wenigstens für einige bestimmte Gröſsen aufzufinden. Der Luftstrom drang durch die Röhre B Fig. 78. und die Oeffnung E in der hölzernen Scheibe cd. Die über

dieser befindliche zweite Scheibe CD war an einer Stange HH′ befestigt, welche sich in der hohlen Röhre K frei bewegte und vermittelst des Stiftchens *a* höher und niedriger gestellt werden konnte. Ein an der Stange befestigter Faden pq ging über die Scheibe R und trug am andern Ende die Waagschale P, die zum Hineinlegen verschiedener Gewichte diente, je nachdem der Abstand beider Scheiben gröſser oder geringer war. Beim Versuche betrug der manometrisch gemessene Luftdruck der ausströmenden Luft 0,08 Meter, der Durchmesser der Oeffnung E 22 Millimeter, der Flächeninhalt derselben 380 Quadratmillimeter, der Durchmesser der Scheibe CD 10 Centimeter. Es ergaben sich dann als einander zugehörig

Abstand der Scheiben		Unterschied der Pressungen gegen beide Oberflächen	
1	Millimeter	55	Gramme
3	—	45	—
6	—	31	—
13	—	0	—

Es wurden demnächst die Abstände vergröſsert und auf die Scheibe II′ Gewichte gelegt, um der strömenden Luft bis zur Herstellung des Gleichgewichts entgegen zu wirken. Hierbei wurden gefunden

Abstand der Scheiben	15	Millim.	Gewicht	35	Gramme
— — —	19	—	—	22	—

Es ist nicht nothwendig, daſs beide Scheiben gerade Flächen haben, vielmehr zeigt sich die Erscheinung auch dann, und sogar etwas verstärkt, wenn die untere Scheibe eben und die obere etwas convex ist; eine zu groſse Convexität entfernt sie jedoch zu weit von der untern, und ist sie concav, so zeigt sich die Wirkung überhaupt nicht. Auf eine einfache Weise läſst sich die Verschiedenheit des Luftdrucks sichtbar machen, wenn man eine Scheibe von beugsamem, auch wohl etwas benetztem Papiere über die Oeffnung und die untere Scheibe legt, indem sich dann durch die Beugungen desselben zeigt, daſs der über der Oeffnung befindliche Theil nach Auſsen, die ihn zunächst umgebende Zone nach Innen und die äuſserste wieder nach Auſsen gedrückt wird, um die Luft daselbst entweichen zu lassen. Ist die untere Scheibe concav und die obere ihr parallel convex, so wird die Wirkung verstärkt und zeigt sich nach den Versuchen von Hachette auf gleiche Weise auch beim Strömen des Wassers.

Digitized by Google

32) Clément änderte den von ihm beobachteten Verſuch auf verſchiedene Weiſe ab, um Biot, Poisson und Navier, die dem Nationalinſtitute Bericht darüber abſtatten ſollten, genauer mit den Thatſachen bekannt zu machen[1]. Am weſentlichſten hierbei iſt, daſs er ſtatt der Luft den Waſſerdampf zur ſtrömenden Flüſſigkeit wählte, welcher die nämlichen Erſcheinungen noch auffallender zeigt, was wohl ohne Zweifel darin ſeinen Grund hat, daſs der mehr elaſtiſche Dampf bei der gröſsern Ausdehnung, die er ſogleich beim Ausfluſſe ins Freie erleidet, von ſeiner Temperatur bedeutend herabſinkt. Intereſſant iſt, daſs er in die feſte Scheibe in einiger Entfernung von der Ausfluſsöffnung ein kleines Loch bohrte, aus dieſem eine Glasröhre herabgehn lieſs, deren anderes Ende in ein Gefäſs mit gefärbtem Waſſer geſenkt war, und dann beim Ausſtrömen des Dampfes beobachtete, daſs das Waſſer in dieſer emporſtieg, was ganz entſchieden eine Verdünnung der Luft zwiſchen den Scheiben anzeigte. Clément iſt der Meinung, für die ſich unter andern auch Hachette, Navier und die übrigen genannten Berichterſtatter erklären, daſs das Phänomen dem zuerſt von Dan. Bernoulli[2], nachher von Bonati und Stratico[3], Delanges[4], insbeſondere von Venturi[5] beim Ausſtrömen des Waſſers aus konischen Röhren beobachteten ähnlich ſey. Um dieſes auf eine directe Weiſe darzuthun, lieſs Clément ein 0,25 Meter langes Rohr, deſſen Querſchnitte am einen Ende 1, am andern Ende 6 Quadratcentimeter betrugen, nahe am weitern Ende durchbohren, ſteckte in dieſe Oeffnung eine Glasröhre, deren unteres Ende in ein Gefäſs mit Waſſer herabging, und als darauf der Dampf von der engern Seite her durch das lange Rohr ſtrömte, wurde das Waſſer in der Glasröhre empor gehoben.

32) In England kannte man das angegebene Phänomen ſchon ſeit viel früherer Zeit, verfolgte es jedoch nicht bis zu ſeinem ganzen

1 Ann. Chim. et Phys. XXXVI. 69. Im Auszuge in Poggendorff's Ann. XV. 496.

2 Comment. Soc. Petrop. T. II.

3 Memorie di matemat. e fisica della Soc. Ital. T. V.

4 Opuscoli scelti sulle scienze e sulle Arti. Milano 1792. T. XV.

5 Recherches expérimentales sur le principe de communication latérale dans les fluides cet. par J. B. Venturi. Par. 1797. 8.

Digitized by Google

Umfange. Hawksbee[1] giebt nämlich einen Apparat an, den er selbst sehr zusammengesetzt nennt, um zu zeigen, daſs das Barometer bei heftigen Stürmen fallen müsse. Das Ganze besteht übrigens bloſs aus zwei Barometern, deren Quecksilbergefäſse luftdicht verschlossen, aber durch eine Röhre mit einander in Verbindung gesetzt sind. In den Raum über dem Quecksilber des einen Gefäſses war eine Röhre geleitet, die stark comprimirte Luft aus einer Kugel nach Oeffnung eines Hahns einströmen lieſs, um durch eine etwas weitere Röhre auf der entgegengesetzten Seite wieder auszuströmen, und auf diese Weise zu zeigen, wie der Wind das Fallen des Barometers bewirke, denn wirklich sank das Quecksilber beider Barometer in diesem Versuche um 2 Zoll herab. Leslie[2] erklärte nachher diese Erscheinung richtig aus der Expansion, welche die strömende Luft durch ihren Eintritt in das weitere Rohr erhalten habe, und bewies dieses vermittelst eines einfachen Apparates, bei welchem die Luft durch ein engeres Rohr in einen weitern Behälter einströmte, durch ein weiteres aber wieder abfloſs, und dann zugleich Wasser in einem aus dem Gefäſse herabgehenden Rohre aufgesogen wurde. Diese Erklärung fand Widerspruch[3], indem die Wirkung vielmehr von dem Luftzuge herrühren sollte, welcher einen Winkel mit der Axe des aufsaugenden Rohres machte. Inzwischen kennt man jetzt die Unrichtigkeit dieser Ansicht, denn die Erscheinung zeigt sich auch, wenn das aufsaugende Rohr mit der Ausfluſsröhre der Luft einen Winkel von 90 Graden bildet, sobald die letztere nur konisch ist, wie der angegebene, etwas abgeänderte, Apparat deutlich ergiebt.
Fig. 79. Geht nämlich aus der konischen, etwa 4 Zoll langen, am einen Ende fast 1, am andern 2 Lin. weiten, Röhre a b die Glasröhre c d herab, welche umgebogen und mit dem Gefäſse A versehn ist, worin sich etwas gefärbtes Wasser befindet, und wird dann Luft oder Dampf in a eingeblasen, um aus b wieder auszuströmen, so steigt das Wasser über sein statisches Niveau bei d bis e empor. Daſs diese Wirkung von der konischen Erweiterung des Strömungsrohres herrühre, zeigt sich sehr bald, indem das Wasser herabsinkt, wenn der Luftstrom die entgegengesetzte Richtung erhält.

1 A Course of mechanical, optical, hydrostatical and pneumatical Experiments. p. 18.

2 Encyclop. Brit. Art. Meteorology. Supplem.

3 Edinb. Journal of Sc. Nro. 3. p. 241.

Nach einer erst später bekannt gewordenen Nachricht von P. Ewart[1] wurde das Hauptphänomen, nämlich daſs die aus einer engen Oeffnung in einer Scheibe ausströmende Luft eine vorgehaltene Scheibe nicht fortstöſst, sondern anzieht, schon durch Roberts zu Manchester im Jahre 1824 beobachtet, und er selbst hierdurch veranlaſst, im folgenden Jahre einige belehrende Versuche über diesen Gegenstand anzustellen, wovon folgender einer der interessantesten ist. An eine eiserne, 0,75 Zoll weite Röhre A, die mit einem Dampfkessel in Verbindung stand, Fig. wurde eine kupferne C von 2 Zoll Weite und 9 Zoll Länge ge- 80. schraubt und am andern Ende durch eine Kupferplatte verschlossen, die in der Mitte eine kreisrunde Oeffnung von 1 Linie im Durchmesser hatte. Dann wurde die kleine, an beiden Enden offene Glasröhre F am obern Theile in eine feine Spitze ausgezogen und mit dieser in den aus der Oeffnung strömenden Dampfstrom gehalten, während ihr unteres Ende in ein Gefäſs mit Wasser gesenkt war. Beim Versuche stieg das Wasser in der Röhre bis zu einer Höhe von 12 Zoll. Noch eigentlicher zur Sache gehört folgende Vorrichtung. Es bezeichnet A den Quer- Fig. durchschnitt einer eisernen, 7 Zoll im Durchmesser haltenden 81. Röhre, B ein Manometer, welchem gegenüber ein Loch von 0,4 Zoll Durchmesser gebohrt und mit einem konischen Rohre aus Weiſsblech von 5,4 Zoll Länge und 1,05 Zoll Durchmesser am äuſseren Ende versehn war. Aus dieser gingen in einem Abstande von 0,5 und 2,2 Zoll von der innern Wandung der Röhre A die beiden Glasröhren E und F herab, deren untere Enden in einem Gefäſse mit Quecksilber sich befanden. Als die Luft mit einer solchen Geschwindigkeit durch die Röhre A strömte, daſs das Manometer 1,8 Zoll Quecksilberhöhe zeigte, stieg das Quecksilber in der Röhre E bis 2,7, in der Röhre F aber 0,4 Zoll. Den von Hachette gebrauchten Apparaten am nächsten kommt folgender durch Ewart construirter. Auf das Ende der 4 Zoll im Durchmesser weiten Röhre A wurde die Scheibe BB′ von Holz Fig. und 11,8 Zoll Durchmesser gesteckt, die in 0,9; 1,21 und 3,4 82. Zoll Abstand von der innern Röhrenwandung die Glasröhren H, I und K aufnahm. Eine zweite, der ersten parallele hölzerne Scheibe DE von gleichem Durchmesser wurde in der Art mit

1 Philos. Mag. and Ann. of Phil. T. V. p. 247. Daraus in Poggendorff Ann. XV. 309.

Stellschrauben versehn, daſs sie bis zu jeder beliebigen Entfernung genähert werden konnte. Eine Condensationspumpe verdichtete die Luft in der Röhre A so, daſs das Manometer M eine Quecksilberhöhe von 1,25 Zoll angab, und wenn dann die Scheibe CD bis auf 0,2 Zoll Abstand genähert war, so stieg das gefärbte Wasser, in welches die drei genannten Röhren mit ihren untern Enden herabgesenkt waren, in H 9,0, in I 2,0 und in K 0,5 Zoll. Aus diesem Versuche geht deutlich hervor, daſs die Expansion der zwischen den beiden Scheiben strömenden Luft an Dichtigkeit um so mehr abnimmt, je näher sie der Ausströmungsöffnung des Rohres ist.

33) Es liegt sehr nahe bei der Sache, von den genannten Erscheinungen eine Anwendung auf das Schlieſsen der Ventile, namentlich bei den Dampfkesseln, zu machen. So viel ist einmal gewiſs, daſs Ventile, die aus einer gröſsern Scheibe über einer kleinen Oeffnung bestehn, bei beginnender Ausströmung des zu stark gespannten Dampfes nach den angegebenen Gesetzen mit einer sehr bedeutenden Kraft angedrückt werden müssen, wodurch sie die beabsichtigte Sicherung nicht gewähren und das Zerspringen der Dampfbehälter um so mehr herbeiführen würden, als man mit Zuversicht auf eine Verhütung desselben durch diese zu rechnen pflegt. Clément glaubte sogar, daſs nach diesem Principe die Kegelventile Gefahr drohn, weil diejenige Fläche, worauf der Dampf drückt, allezeit kleiner sey als diejenige, welche den Druck der atmosphärischen Luft trägt; allein Péclet hat dagegen ausführlich gezeigt[1], daſs man bei diesen nichts zu fürchten habe, weil der Unterschied beider Flächen meistens nur 0,1 betrage und daher eine Spannung des Dampfes von 0,1 mehr als der atmosphärische Druck schon hinreiche, um das Ventil zu heben. Hierbei scheint mir jedoch der Einfluſs der Seitenfläche des Ventilkegels übersehn worden zu seyn, indem auch diese angedrückt wird, sobald der ausströmende Dampf eine Verdünnung der Luft zwischen beiden einander sehr genäherten Flächen erzeugt. Es scheinen mir diese daher nicht eben einen Vorzug zu verdienen, da die beiden einander berührenden Wandungen oft durch ein zwischen ihnen befindliches Bindemittel sehr fest zusammenhängen. Wenn dagegen der Rand der Scheiben nicht beträchtlich weit über die bedeckte Ausströ-

1 Annales de l'Indust. franç. T. II. p. 225.

mungsöffnung herüberragt, so kann nicht füglich irgend eine Gefahr vorhanden seyn.

34) Eine interessante Erweiterung haben die beschriebenen Phänomene durch Quetelet[1] erhalten. Wenn man nach diesem einen Luftstrom senkrecht oder in schiefer Richtung gegen eine ebene Fläche bläst, so prallt derselbe nicht im Einfallswinkel zurück, sondern gleitet vielmehr an der Fläche hin, wie sich an einer Lichtflamme oder dem Rauche einer Räucherkerze zeigt, die man in den Strom bringt. Die Spitze der Lichtflamme wird nämlich in der Nähe des gegen die Ebene gerichteten Luftstromes gegen den Punct gebogen, auf welchen man bläst, in einiger Entfernung stellt sie sich senkrecht gegen die Ebene, in noch gröſserer aber biegt sie sich nach entgegengesetzter Richtung und wird endlich ihr fast parallel. Die strömende Luft scheint der Ebene zu adhäriren und eine Schicht zu bilden, die anfangs dünner ist, weiterhin aber dicker wird. Steht auf der ersten Ebene eine zweite, die mit ihr einen rechten oder stumpfen Winkel bildet, so legt sich der Luftstrom auch an diesen an; ist der Winkel kleiner als 90°, so geht er in der Richtung der Kante, ist er aber gröſser als 180°, so verläſst er sie und behält die Richtung der ersten. Schiebt man eine in der Mitte durchbohrte bewegliche Papierscheibe auf die Düse eines Blasebalges und bläst man gegen eine Ebene, so biegt sich dieselbe gegen diese selbst bei einer Entfernung von 12 bis 15 Linien, ist dagegen die Scheibe fest und ihr gegenüber eine bewegliche Papierscheibe angebracht, so biegt sich diese erst bei gröſserer Annäherung.

Einige interessante, hiermit zusammenhängende Versuche von Quetelet erschöpfen zwar die Aufgabe nicht ganz, verdienen aber allerdings wiederholt und in gröſserer Ausdehnung nochmals angestellt zu werden. Es wurde nämlich eine unbiegsame Scheibe auf der Düse des Blasebalges befestigt und dann gegen eine andere, ihr parallele und in gröſserem Abstande, als bis wohin sich nach Hachette das Adhäsionsphänomen zeigt, befindliche, gleichfalls unbiegsame geblasen. Wurde die eine und die andere von beiden abwechselnd mit feinem Sande bestreut, so lagerte sich dieser in ungleich weiten concentrischen Kreisen so, daſs man daraus auf entgegengesetzte Strömungen

1 Correspondance astronomique et physique. T. III. p. 92. Daraus in Poggendorff's Ann. XVI. 183.

zwiſchen beiden Scheiben ſchlieſsen muſste. Eben dieſe wurden angedeutet, wenn man Flaumfedern zwiſchen beide Scheiben brachte.

35) Die Bewegungsgeſetze der ſtrömenden Gaſe und hauptſächlich der atmoſphäriſchen Luft kommen endlich vorzugsweiſe in Anwendung bei der ſogenannten Ventilation. Dieſe beſteht im Allgemeinen in ſolchen Vorrichtungen, vermöge deren die Luft aus Räumen entweicht, um durch andere gleichzeitig einſtrömende erſetzt zu werden, und dient hauptſächlich zur Fortſchaffung der zu ſehr erwärmten, übermäſsig feuchten, und der mit Miasmen oder ungeſunden Ausdünſtungen, auch übelriechenden Stoffen verunreinigten Luft, an deren Stelle man kühlere, trocknere und reine einſtrömen läſst. Der Zufluſs und Abfluſs findet hierbei entweder durch offene Canäle ſtatt, oder letztere ſind mit ſogenannten *Ventilatoren* verſehn, welche die Strömung reguliren und zugleich befördern. Wenn man hierbei bloſs die Strömung der Luft berückſichtigt, ſo folgt dieſe gänzlich den bereits ausführlich erörterten Geſetzen, und es handelt ſich daher zunächſt um den Einfluſs, welchen die Ventilatoren ausüben, indem ſie durch den Luftſtrom in Bewegung geſetzt werden und zuweilen denſelben ganz eigentlich hervorbringen, welches alles jedoch am beſten einem eigenen Artikel vorbehalten bleibt[1].

C. Unterſuchung der Kraft, welche bewegte expanſible Flüſſigkeiten ausüben.

Die expanſibeln oder elaſtiſchen Flüſſigkeiten, welche den Geſetzen der Schwere unterworfen ſind und aus einer gewiſſen, wenn gleich verhältniſsmäſsig geringen, Maſſe beſtehn, müſſen bei ihrer Bewegung nothwendig eine Kraft ausüben, die wir als eine Function dieſer beiden angegebenen Bedingungen zu betrachten haben, oder, was einerlei iſt, die allgemeinen mechaniſchen Geſetze, die aus dem Verhalten feſter und tropfbarflüſſiger Körper entnommen werden, müſſen auf eine ähnliche Weiſe ſich auch auf die expanſibeln Flüſſigkeiten anwenden laſſen. Daſs wir die hierher gehörigen Erſcheinungen nicht auf gleiche Weiſe leicht und allgemein bei den letztern wahrnehmen, als bei den erſtern, hat bloſs darin ſeinen Grund, daſs die Gasarten bei der

1 S. Art. *Ventilator.*

am meisten vorkommenden mittlern Dichtigkeit derselben verhältniſsmäſsig zu wenig Masse haben oder zu dünn sind. Inzwischen lassen sich die gesammten hierher gehörigen Erscheinungen leicht unter drei Hauptclassen ordnen, die jedoch wegen ihres Umfanges und rücksichtlich ihrer speciellen Anwendung eben so vielen eigenthümlichen Artikeln vorzubehalten sind.

1) Wenn zwei Körper bei ihrer Bewegung einander treffen oder sich stoſsen, was allezeit statt finden muſs, wenn ihre Bahn eine gemeinschaftliche und ihre Richtung entgegengesetzt ist oder bei der Verlängerung als in eine solche übergehend betrachtet werden kann, so ist es nach den allgemeinen hierüber bestehenden Gesetzen für die mathematische Construction gleichgültig, welcher von beiden Körpern als ruhend und welcher als bewegt angenommen wird[1]. Es kommt wohl, auſser beim Einströmen in leere oder mit sehr dünnen Gasen erfüllte Räume, sehr selten oder im strengsten Sinne vielleicht niemals vor, daſs zwei Massen expansibler Flüssigkeiten ganz eigentlich in ihrer Bewegung einander stoſsen, sehr häufig dagegen findet ein solcher Stoſs elastischer Flüssigkeiten gegen tropfbare und noch häufiger gegen feste Körper statt. Nach dem Vorausgehenden müſste es also gleichgültig seyn, ob man sich die letztern als bewegt und die erstern als ruhend denkt, oder umgekehrt. Beim Stoſse gegen tropfbare Flüssigkeiten dürfte es in hohem Grade unbequem und für die Praxis ganz unnütz seyn, die letztern als bewegt und die expansibeln Flüssigkeiten als ruhend zu denken, keineswegs ist dieses aber der Fall in Beziehung auf feste Körper, indem hiernach vielmehr beide Classen von Erscheinungen, nämlich der Stoſs der expansibeln Flüssigkeiten gegen feste Körper und die Bewegung der letztern gegen die erstern, sich auf die nämlichen allgemeinen Gesetze zurückbringen lassen. Wenn demnach feste Körper gegen elastisch flüssige bewegt werden, so müssen sie diese fortstoſsen, ihnen einen Theil ihrer Geschwindigkeit abgeben und dadurch selbst verzögert werden. Alle hierauf beruhende Erscheinungen faſst man in einer gemeinschaftlichen Untersuchung zusammen, welche vom Widerstande der Mittel handelt und in den meisten, namentlich englischen, Werken einen Theil der Pneumatik ausmacht. Es beruhn indeſs die Gesetze des Widerstandes, welchen die Flüssigkeiten überhaupt

1 Vergl. Bd. I. S. 917.

BAYERISCHE STAATS- BIBLIOTHEK MÜNCHEN

Digitized by Google

leisten, auf den nämlichen Gesetzen, und da diese durch das stete Flieſsen an den Ort, woraus sie durch die Bewegung des festen Körpers verdrängt worden sind, vielfache Modificationen erleiden und sehr bedeutenden Schwierigkeiten unterliegen, so verweise ich diese ganze Untersuchung auf einen eigenen Artikel[1].

2) Die Geschwindigkeit, womit die Luft oder irgend eine sonstige elastische Flüssigkeit sowohl aus einer Oeffnung strömt, als auch in einer Röhre fortflieſst, steht nach den vorausgehenden Untersuchungen im geraden Verhältnisse ihrer Elasticität und im umgekehrten ihrer Dichtigkeit. Das letztere Gesetz gründet sich darauf, daſs die Fluidität der expansibeln Flüssigkeiten zunimmt, je dünner sie sind, insofern dann in gleichen Zeiten weniger Masse aus einer gegebenen Oeffnung strömt, das erstere folgt daraus, daſs die stärkere Zusammendrückung als Folge höherer, auf die untern Schichten drückender Luftsäulen betrachtet werden kann, wonach also die Ausströmungsgeschwindigkeiten, ebenso wie die Fallgeschwindigkeiten, den Quadratwurzeln aus den Höhen und demnach auch aus den Pressungen proportional seyn müssen. Wenn man also auf die durch den stärkern Druck vermehrte Dichtigkeit Rücksicht nimmt, so läſst sich die Geschwindigkeit der Bewegung gasförmiger Körper in Oeffnungen oder Röhren aus den mitgetheilten Untersuchungen leicht finden, und es folgt dann zugleich, daſs sie die in ihrer Bahn liegenden Körper fortstoſsen und ihnen eine Geschwindigkeit ertheilen werden, die eine Function ihrer eigenen Geschwindigkeit und des Verhältnisses der Massen beider seyn muſs. Zunächst und am meisten kommt dieses in Betrachtung bei den Windbüchsen und überhaupt bei allen durch die Wirkung eines elastischen Fluidums fortgeschleuderten Körpern. Im Artikel Ballistik ist hiervon bereits im Allgemeinen die Rede gewesen, die nähere Untersuchung verspare ich aber für den Artikel *Windbüchse*.

3) So wie die eben bezeichneten Untersuchungen sich zunächst an diejenigen anreihen, welche oben unter B. vereinigt worden sind, eben so giebt es eine Menge Anwendungen derjenigen Betrachtungen, die unter A. angestellt wurden. Die frei strömende Luft nämlich stöſst gegen diejenigen Körper, gegen die sie sich bewegt, und übt dabei eine Kraft aus, welche nach allgemeinen mechanischen Gesetzen diesem Stoſse zukommt, also dem Pro-

---

1 S. *Widerstand der Mittel.*

ducte ihrer Masse in das Quadrat ihrer Geschwindigkeit proportional ist. Man erläutert dieses, ohne eigentliche Messung, in den physikalischen Vorlesungen durch das sogenannte *Flugrädchen.* Ein kleines Rädchen mit 5 oder mehreren kleinen Flügeln, dessen Axe in zwei feine Spitzen ausläuſt, um zwischen zwei feinen Pfeilern in engen Löchern leicht beweglich zu seyn, wird auf einem durch Blei beschwerten Stativ befestigt und unter eine geeignete Campane auf den Teller der Luftpumpe gestellt. Die Campane ist seitwärts mit einem engen Loche so durchbohrt, daſs der eindringende Luftstrom auf die breite Fläche der Flügel stöſst. Exantlirt die Luftpumpe sehr schnell und unausgesetzt, wie bei den doppeltwirkenden der Fall ist, so wird die Luft in der Campane fortwährend verdünnt, die äuſsere dichtere strömt daher ohne Unterbrechung ein und treibt das Flugrädchen fortwährend um seine Axe mit einer dem Unterschiede der Dichtigkeiten der Luft in der Campane und der äuſsern proportionalen Geschwindigkeit, aus welcher letztern dann der erstere geschätzt werden kann, selbst auch berechnet werden könnte, wenn man die Geschwindigkeit der Umdrehung genau zu messen und den Einfluſs der Reibung genau zu bestimmen vermöchte. Bei kleineren Luftpumpen verstopft man die Oeffnung mit einem durchbohrten Stöpsel und zieht diesen nach dem Exantliren heraus, so daſs die äuſsere Luft einströmt, und sich dann zugleich zeigt, daſs die Gesehwindigkeit dieser Strömung in eben dem Verhältnisse abnimmt, in welchem die Dichtigkeit der Luft in der Campane wächst. Ungleich wichtiger ist jedoch diejenige Luftströmung, die wir mit dem allgemeinen Namen *Wind* bezeichnen. Dieser Gegenstand verdient jedoch wegen seines Umfanges eine ausführliche Untersuchung, die ich gleichfalls einen eigenen Artikel vorbehalte. *M.*

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google